ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 6 AVRIL 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Les ondulations instrumentales des images : leur variation diurne, annuelle, et leur relation avec l'état général de l'atmosphère.* Note de M. G. **Bigourdan**.

Les images focales des astres, fournies par des lunettes ou des télescopes un peu puissants, sont toujours animées de mouvements irréguliers qui jouent un rôle important dans la précision des mesures astronomiques : ce sont ces mouvements que nous appelons des *ondulations* instrumentales des images.

Des mouvements analogues se produisent aussi, dans certains cas, sur les images des objets terrestres, de sorte qu'il y a lieu de distinguer les ondulations instrumentales des images célestes et celles des images terrestres.

Ondulations instrumentales des images célestes. — Ces ondulations se produisent à toutes les hauteurs des astres. A un moment et en un lieu donnés, elles sont plus prononcées, plus grandes, à mesure que l'astre observé se trouve plus voisin de l'horizon; en outre, elles diminuent généralement d'importance à mesure que croît l'altitude de l'observateur, ce qui prouve qu'elles sont produites par l'atmosphère terrestre.

Il ne semble pas qu'on ait jusqu'ici déterminé expérimentalement la loi que suit la grandeur de ces ondulations quand la hauteur angulaire de l'astre varie; mais on sait que, lorsque cette hauteur angulaire passe de 90° à 0°, la grandeur des ondulations augmente lentement en partant du zénith, puis rapidement en approchant de l'horizon.

quelques observateurs d'étoiles doubles qui ont cherché à déterminer leur équation personnelle sur des couples artificiels placés à grande distance, comme O. Struve à Poulkova ([1]), Dembowski à Gallarate ([2]), etc. Même la plupart des observateurs paraissent admettre que les moments de calme et les moments d'agitation sont les mêmes pour les deux sortes d'images, célestes et terrestres; mais ils sous-entendent que, dans leur trajet, les rayons lumineux sont soustraits à l'action immédiate de l'échauffement du sol. Cependant des observations suivies à cet égard ne seraient pas inutiles.

Voici une disposition que j'ai employée quelque temps pour les images terrestres : une lunette, placée presque au sommet de l'Observatoire de Paris ([3]), visait sur un miroir plan installé au sommet de la tour du grand équatorial coudé. Ce miroir ([4]) était orienté de manière à réfléchir dans la lunette l'image d'une étoile double artificielle placée près de l'oculaire même de cette lunette, à portée de l'observateur, qui, sans se déranger, pouvait ainsi changer cette étoile; celle-ci était formée par deux trous en mince paroi éclairés par une lampe ([5]). Les rayons lumineux, dans leur double trajet, passaient ainsi à 20^{m} environ au-dessus du sol, d'ailleurs couvert de verdure, et étaient en grande partie soustraits à l'action directe de ce sol.

Variation annuelle des ondulations célestes. — Il y a aussi une grande inégalité entre les divers mois, au point de vue de l'état des images; mais les indications à ce sujet sont encore plus rares que celles qui regardent la variation diurne. A Paris ([6]) c'est dans les mois tempérés du printemps et de l'automne qu'on a les plus belles images, tandis que, dans les mois à températures extrêmes, elles sont le plus souvent agitées. Du reste, cette

---

([1]) *Observations de Poulkova*, Vol. IX (1878), (p. 31).

([2]) *Misure micrometriche*, Vol. II (1884), p. xvj.

([3]) A la petite et étroite fenêtre du cabinet des entre-voûtes qui dépend de l'équatorial de la tour de l'Ouest.

([4]) Ce miroir était logé au fond d'un tube dirigé vers la lunette et assez long pour bien protéger le miroir contre la pluie; par suite, il n'était pas indispensable de fermer l'ouverture antérieure de ce tube, et l'appareil était toujours prêt. Des changements apportés à la partie supérieure de la tour du grand équatorial coudé nécessitèrent l'enlèvement de ce tube, qui n'a pas été rétabli.

([5]) Ce dispositif est à recommander pour la détermination de l'équation personnelle dans les mesures d'étoiles doubles à ceux qui veulent employer la méthode inaugurée par W. Struve (*Mens. micr.*, p. cxlij...) et développée surtout par O. Struve [*Obs. Pulkova*, Vol. IX, p. (28)...].

([6]) *Mesures d'étoiles doubles*... faites de 1880 à 1884, p. H.26.

marche générale est souvent modifiée par l'état momentané de l'atmosphère : par les vents d'Ouest (régime cyclonique) et après la pluie, les images sont agitées, diffuses; par les vents faibles du Nord et l'Est (régime anti-cyclonique) on a des images vives et souvent calmes.

M. d'Engelhardt, à Dresde [1], a également constaté que par vent d'Est les images sont bonnes, alors que dans les autres cas elles sont rarement tranquilles.

A Paris on a encore de belles images par des temps brumeux, par brouillard, ou lorsque le ciel, couvert pendant le jour, se découvre le soir. De son côté, Dunér à Lund [2] avait également de belles images par temps de brouillard.

Ainsi l'état des images présente deux variations bien nettes, l'une diurne et l'autre annuelle, et la seconde au moins est en relation avec l'état général de l'atmosphère : ce sont là des faits auxquels devront avoir égard ceux qui se préoccupent de la question si importante de reconnaître les stations les plus favorables pour les observations astronomiques [3].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'inversion approchée de certaines intégrales réelles et sur l'extension de l'équation de Kepler et des fonctions de Bessel.* Note de M. **Paul Appell.**

I. Dans un grand nombre de questions de Mécanique, on rencontre des relations de la forme

$$\int_{x_0}^{x} \frac{\varphi(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = t, \tag{1}$$

où x est une variable réelle et $\varphi(x)$ une fonction réelle continue et positive, dans l'intervalle -1, $+1$, ne s'annulant ni dans l'intervalle, ni aux limites; le radical $\sqrt{1-x^2}$ est pris avec le signe $+$, ou le signe $-$, suivant que x croît ou décroît. Cette relation définit x comme fonction périodique de t,

---

(1) *Observations astronomiques....* Première partie (1886), p. 2.

(2) *Mesures micrométriques d'étoiles doubles* (1876), p. ij-iij.

(3) Voir par exemple : G. Bigourdan, *Sur le choix d'une échelle type pour définir l'état des images télescopiques, et sur le choix des stations les plus favorables aux observations astronomiques* [*Bull. astronomique*, t. 20 (1903), p. 389-392].

avec la période

$$(2) \qquad \mathrm{T} = 2\int_{-1}^{+1} \frac{\varphi(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}}.$$

Le problème d'exprimer x par une série trigonométrique, procédant suivant les sinus et cosinus des multiples de $\frac{2\pi t}{\mathrm{T}}$, a été traité par Weierstrass dans un Mémoire « *Ueber eine Gattung reell periodischer Functionen* » (*Œuvres*, t. 2, p. 1), à la page 6 duquel l'auteur signale que les intégrales qu'il rencontre comprennent, comme cas particulier, des intégrales considérées par Bessel et par Hansen. J'ai traité ce même problème, à un autre point de vue, dans mon Mémoire « *Sur les fonctions à multiplicateurs et le développement des fonctions abéliennes en séries trigonométriques* », inséré au Tome 13 des *Acta mathematica* (p. 139-144) où sont signalées des fonctions généralisant les fonctions de Bessel. Cette généralisation peut d'ailleurs être envisagée à deux points de vue, soit au point de vue du *genre*, comme au Tome 13 des *Acta*, soit à celui du *nombre des variables;* c'est ce dernier point de vue qui se présente dans la présente Note.

II. La différence essentielle qu'il y a entre la méthode de Weierstrass et celle qui fait l'objet de cette Note est la suivante : tandis que Weierstrass fait l'inversion rigoureuse et cherche à déterminer les coefficients du développement en série trigonométrique, je commence par faire une première approximation *avant l'inversion*, en remplaçant la fonction $\varphi(x)$ par un polynome approché dans l'intervalle -1, $+1$.

III. Notre problème est donc de donner une expression approchée de la fonction x de la variable t, définie par l'équation (1). Pour cela, nous commençons par former une représentation approchée de la fonction $\varphi(x)$, dans l'intervalle -1, $+1$, par un polynome

$$\mathrm{P}(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n.$$

Les $n+1$ coefficients de ce polynome seront déterminés :

1° Par la condition

$$(3) \qquad 2\int_{-1}^{+1} \frac{\mathrm{P}(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = \mathrm{T},$$

qui donne une relation linéaire entre les coefficients;

2° Par les conditions qui résultent des méthodes d'interpolation, par

exemple par les conditions

$$P(x_i) = \varphi(x_i).$$

pour les n valeurs

$$x_1 = -1, \quad x_2 = -1 + \frac{2}{n-1}, \quad \ldots, \quad x_i = -1 + \frac{2(i-1)}{n-1}, \quad \ldots, \quad x_n = +1.$$

Les coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_n$ étant ainsi calculés, on remplacera l'équation donnée (1) par la nouvelle équation

$$(4) \qquad \int_{x_0}^{x} \frac{P(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = t,$$

où l'approximation est supposée assez grande pour que $P(x)$ ne s'annule pas non plus dans l'intervalle $-1, +1$.

Si l'on suppose

$$|P(x) - \varphi(x)| < \varepsilon$$

dans l'intervalle $-1, +1$, et si l'on prend $|x_0| = 1$, l'erreur commise sur t, pour une valeur donnée de x, s'annule pour $x = \pm 1$ en vertu de la condition (3) et est, quel que soit x, moindre que $\pi\varepsilon$. On pourrait alors appliquer à (4) les méthodes de Weierstrass.

Voici une méthode de calcul qui conduit à des fonctions de Bessel à plusieurs variables.

IV. Prenons $x_0 = +1$ et faisons, dans (4), le changement de variable

$$(5) \qquad x = \cos u.$$

Le polynome P devient

$$(6) \qquad P(x) = \frac{T}{2\pi}(1 - e_1 \cos u - e_2 \cos 2u - \ldots - e_n \cos nu)$$

où $e_1, e_2, \ldots, e_n$ sont des coefficients constants connus, positifs ou négatifs, et où la valeur $\frac{T}{2\pi}$ du terme constant résulte de la condition (3). L'équation (4), où $x_0 = +1$, devient alors

$$(7) \qquad u - e_1 \sin u - e_2 \frac{\sin 2u}{2} - \ldots - e_n \frac{\sin nu}{n} - \frac{2\pi t}{T} = 0.$$

Cette équation, comprenant comme cas particulier l'équation de Kepler, donne u; on a ensuite $x = \cos u$.

La dérivée, par rapport à u, du premier membre de l'équation (7) con-

servant un signe constant, cette équation a au plus une racine réelle. On peut toujours déterminer un entier m tel que

$$m\pi < \frac{2\pi t}{T} < (m+1)\pi;$$

en substituant ces deux multiples de π à u, on voit que l'équation a une racine comprise entre les mêmes multiples de π.

Il faut alors résoudre cette équation. Dans des cas étendus, on peut lui appliquer la méthode des approximations successives, telle qu'elle résulte des travaux de M. Kœnigs sur les équations fonctionnelles (*Annales de l'École Normale*, 1884 et 1885). Lorsque

$$|e_1| + |e_2| + \ldots + |e_n| < 1,$$

on peut, pour calculer l'approximation, employer l'élégante méthode que M. Kœnigs a donnée pour l'équation de Kepler et qu'on trouvera dans le Tome I de mon *Traité de Mécanique rationnelle* (Chap. XI, n° 239).

V. Le calcul direct des coefficients du développement de

$$x = \cos u,$$

et, en général, de $\cos ju$ ou $\sin ju$, en série de Fourier, procédant suivant les cosinus et les sinus des multiples de $\frac{2\pi t}{T}$, conduit à des fonctions de plusieurs variables comprenant, comme cas particuliers, les fonctions de Bessel. Ces fonctions sont du type suivant :

$$J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{1}{\pi}\int_0^\pi \cos\left(ku - x_1 \sin u - x_2 \frac{\sin 2u}{2} - \ldots - x_n \frac{\sin nu}{n}\right) du;$$

le type le plus simple, après les fonctions classiques de Bessel, est la fonction de deux variables

$$z = J_k(x, y) = \frac{1}{\pi}\int_0^\pi \cos\left(ku - x \sin u - y \frac{\sin 2u}{2}\right) du,$$

qui vérifie des équations différentielles linéaires dont une,

$$\frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 z}{\partial y^2},$$

est indépendante de l'indice k. Ces fonctions paraissent devoir être rangées dans le groupe des fonctions se rattachant aux polynomes de Legendre et

aux fonctions de Laplace, dont on trouvera l'indication dans l'article intitulé : *Généralisations diverses des fonctions sphériques*, par MM. Appell et Lambert, publié dans l'édition française de l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques.*

VI. Revenons maintenant à l'équation (7). Les développements de u, de $\cos u$ et, en général, de $f(u)$, en séries procédant suivant les puissances des coefficients $e_1, e_2, \ldots, e_n$, conduisent à des séries généralisant les développements bien connus fournis par la formule de Lagrange, appliquée à l'équation de Kepler. Ces développements résultent immédiatement de l'application de la formule de Lagrange à une équation de la forme

$$u = z + \lambda[e_1\varphi_1(u) + e_2\varphi_2(u) + \ldots + e_n\varphi_n(u)],$$

formule dans laquelle, sous réserve de la convergence, on fait ensuite $\lambda = 1$.

Je dois me borner ici à ces indications générales.

NAVIGATION. — *Calcul de l'augmentation de vitesse ou de distance franchissable pouvant être obtenue par l'accroissement des sous-marins.* Note [1] de **M. L.-E. Bertin.**

J'ai plusieurs fois entretenu l'Académie d'une étude théorique de l'agrandissement des navires, que j'avais à peu près achevée à la fin de 1912, et qui paraît dans le *Bulletin de l'Association technique maritime*, années 1913-1914, sous le titre : *Esquisse d'un chapitre nouveau de l'Architecture navale*. Les retards de la publication expliquent comment certaines données numériques, dans les exemples choisis, pourront sembler quelque peu vieilles.

Ma Note des *Comptes rendus* du 14 avril 1914 a indiqué les résultats numériques relatifs aux principales classes de navires de guerre et de commerce, sans faire mention des bâtiments de flottille et particulièrement des sous-marins, parce que les bâtiments de faible déplacement ne sont pas, en général, soumis à une loi de similitude permettant la détermination *a priori* des échantillons de la charpente et de la fraction de poids de coque. Il est possible de combler partiellement cette lacune en indiquant les deux éléments par lesquels la répartition du déplacement entre les poids des sous-marins se distingue de celle des autres navires.

---

(1) Séance du 29 mars 1915.

En premier lieu, les bénéfices résultant d'un accroissement des dimensions subissent l'influence de la très lourde charge imposée par la navigation en plongée, qui comprend, outre le poids d'un second appareil moteur, celui des accumulateurs électriques s'élevant à 30^{kg} environ par cheval-heure, soit cinquante à cent cinquante fois ce que pèsent les combustibles employés comme source de travail. A s'en tenir à cette seule considération, les autres éléments du devis des poids étant supposés soumis aux mêmes lois que sur les navires ordinaires, les qualités de vitesse et distance franchissable en surface des sous-marins rencontreraient des limites très restreintes. Leur maximum, d'après le calcul, serait atteint avec un déplacement en surface d'un millier de tonnes. La distance franchissable à 17^{m} de vitesse ne dépasserait pas 1400 milles marins. Aucune tentative pour la suppression des accumulateurs électriques n'a réussi jusqu'ici. La marche en plongée d'un moteur à combustion, alimenté au pétrole, exige les compresseurs et des réservoirs qui absorbent le bénéfice de poids. La propulsion par un moteur à hydrogène, évacuant directement à la mer, demanderait un appareil d'électrolyse qui ne serait pas moins lourd.

Le second élément, plus difficile à déterminer, est au contraire favorable à l'accroissement des dimensions. Il a son origine dans la loi de l'accroissement de la fraction du déplacement à appliquer à la charpente, qui est beaucoup plus lente que sur les navires ordinaires. La résistance des coques de navires à la flexion longitudinale exige, comme on sait, une fraction du déplacement croissant comme la racine cubique du déplacement. La résistance à la pression hydrostatique d'une coque sous-marine échappe à cette loi, et elle doit être seule prise en considération, aussi longtemps qu'elle assure une résistance plus que suffisante à la flexion longitudinale en surface. Un calcul empirique, d'après la comparaison de deux sous-marins de déplacements très différents, et de robustesses de coque également éprouvées, indique comme suffisante une augmentation de la fraction de poids de coque dans la proportion de la racine sixième du déplacement au lieu de la racine cubique. L'adoption de cette loi hypothétique fait passer de 1400 milles à 2600 milles la distance franchissable à 17 nœuds de vitesse pour les sous-marins futurs de 1000^{t} en surface. Au delà du déplacement de 1000^{t}, la distance franchissable continuerait à croître, bien que lentement, et n'aurait même pas rencontré son maximum à 2000^{t} de déplacement. En faisant porter le bénéfice des agrandissements sur une augmentation de vitesse, la distance franchissable restant constante à 1050 milles, le maximum de vitesse, avec la première loi, serait de 17,73 nœuds seule-

ment et serait atteint vers 1000^t. Pour le même déplacement, la vitesse atteindrait 19,7 nœuds en surface, avec la seconde loi [1].

En l'absence d'une loi de similitude applicable aux résistances à la pression hydrostatique, la fraction de poids de coque des sous-marins a été supposée constante, comme celle des torpilleurs ordinaires, dans les plus anciennes études esquissées pour porter, à 2000 milles et au delà, leur distance franchissable en surface.

La détermination théorique de la résistance des coques sous-marines à la compression a été abordée par plusieurs ingénieurs. Elle a fait l'objet d'un Mémoire fondamental de M. Marbec sur la flexion des anneaux élastiques, soumis à la compression, et de calculs numériques dus à M. Simonot. M. Doyère a entrepris, de son côté, une intéressante étude, à laquelle il n'a pas mis la dernière main. Comme ces Travaux, dont plusieurs ont mérité les récompenses de l'Académie, n'aboutissaient pas à des conclusions nettes au sujet des relations entre les moments de flexion sur les sous-marins semblables, j'ai pressé M. Marbec de se remettre à l'œuvre, et j'ai obtenu de lui, en mai 1914, une Note sur la similitude des sous-marins, qui précise, mieux que de simples comparaisons empiriques, la loi de l'accroissement de leur fraction de poids de coque quand le déplacement augmente.

Rappelons d'abord que la pression hydrostatique varie d'un point à l'autre de la coque, les dimensions transversales des sous-marins n'étant nullement négligeables en présence de la profondeur d'immersion.

D'après les formules de M. Marbec, la fraction de poids de coque des sous-marins doit croître comme la racine sixième du déplacement, ainsi que l'indiquait un calcul empirique; mais cette loi s'applique seulement à l'immersion, où l'arête supérieure du sous-marin affleure la surface liquide. Si la profondeur d'immersion, pour laquelle la résistance de la carène est calculée, devenait telle que la pression hydrostatique pût être considérée comme uniforme sur la carène, la fraction de poids de coque relative à la charpente serait constante. Dans ce dernier cas, l'avantage de l'augmentation de déplacement irait en s'affaiblissant, mais sans s'annuler jamais. La limite absolue, au delà de laquelle il y a perte, ne se rencontrerait qu'aux déplacements élevés, où les exigences de la navigation en surface rentreraient en compte.

Dans les conditions intermédiaires, qui sont celles de la pratique, entre l'immersion en affleurement et l'immersion à profondeur infinie, l'expres-

---

[1] Calculs faits en 1912, comme il est indiqué plus haut.

sion de la fraction de poids de coque comprend deux termes, l'un proportionnel à la racine sixième du déplacement et l'autre constant.

Les deux remarques suivantes montreront la complexité des problèmes relatifs à la résistance des coques sous-marines.

Il ne peut pas y avoir de similitude entre les charges exercées aux divers points de deux sous-marins de dimensions différentes. L'égalité de charge peut être obtenue sur deux points homologues, mais elle n'existe pas sur les autres points. Le résultat des essais de compression, parfois effectués sur des modèles, est ainsi entaché d'erreur, sauf dans le cas de compressions très fortes qui correspondraient à une immersion à très grande profondeur.

L'égalité de charge qui peut être obtenue sur deux points homologues, ainsi que nous venons de le dire, n'existe que pour une profondeur déterminée. Elle disparaît aux autres profondeurs.

RADIOGRAPHIE. — *La radiographie à l'hôpital de l'Institut.* Note [1] de M. **Maurice Hamy**.

Le service radiographique de l'hôpital de l'Institut a été organisé, à la fin du mois de novembre 1914, avec un matériel emprunté aux collections de l'École Polytechnique. Les appareils réunis et mis au point par mes soins, au Laboratoire de Physique de cet établissement, n'ont pas cessé d'être employés depuis cette époque et j'en ai personnellement assuré le fonctionnement.

L'installation a d'ailleurs été utilisée, non seulement pour explorer les blessures des militaires en traitement dans les locaux de la bibliothèque Thiers, mais aussi pour venir en aide à d'autres blessés, soignés au dehors, parmi lesquels figurent les fils de plusieurs de nos confrères.

Sitôt entrés à l'hôpital, tous les blessés, à de rares exceptions près [2], sont radiographiés consécutivement, sur deux plaques distinctes, dans la même attitude, l'ampoule occupant deux positions écartées de 7^{cm} environ, à égale distance de la couche sensible. Examinés à l'aide d'un stéréoscope spécial, les clichés ainsi obtenus mettent en évidence le relief de la charpente osseuse et fournissent des indications précises immédiates, tant sur la

(1) Séance du 29 mars 1915.

(2) Dans le courant de janvier 1915, l'hôpital de l'Institut a fait les frais d'une installation radioscopique suffisante pour examiner les blessés légèrement atteints.

nature des désordres qui y ont été provoqués que sur la situation des projectiles et des débris incrustés dans les tissus. Mettant à profit les propriétés de la vision binoculaire, mise par la nature à la disposition des êtres vivants, pour apprécier la position relative des objets rapprochés, ce mode d'exploration si simple est à peine employé dans les hôpitaux français. On ne saurait trop le déplorer, dans l'intérêt de nos soldats, car il évite au chirurgien de commettre des erreurs quelquefois lamentables.

Lorsque la position la plus favorable à donner à un blessé, sur la table d'opération, diffère notablement de celle qu'il occupait pendant la pose des radiographies, on exécute au besoin deux nouvelles épreuves, en le disposant cette fois correctement par rapport aux plaques sensibles. On passe ensuite à la localisation géométrique des corps à enlever, s'il y a lieu.

Cette recherche se ramène facilement à une épure de géométrie descriptive dans laquelle on a plusieurs fois à résoudre le problème élémentaire s'énonçant ainsi : « Étant données les traces de deux droites, situées dans un même plan, trouver les projections de leur intersection (le plan des radiographies est pris comme plan horizontal et le plan perpendiculaire, mené par les deux positions de l'anticathode, comme plan vertical). »

Les données nécessaires aux constructions graphiques sont fournies par les clichés stéréoscopiques eux-mêmes. On y trouve : 1° les traces horizontales des droites partant des deux positions A′ et A″ de l'anticathode et passant par le corps à extraire; 2° les traces horizontales des droites partant des mêmes points A′ et A″ et passant par des repères opaques, disposés sur la peau du patient, repères par rapport auxquels on cherche à localiser les fragments cachés intéressant le chirurgien. Les épreuves portent d'ailleurs toutes deux des signes communs, venus photographiquement, qui permettent de reporter ces traces sur une feuille de papier à dessin, comme si les deux poses avaient été exécutées sur une seule et même plaque ([1]). Par suite des dispositions prises, les projections des points A′ et A″, sur le plan des clichés, s'y inscrivent photographiquement. Leur connaissance et celle de la distance de l'anticathode à la couche sensible suffisent pour achever de tracer les canevas de l'épure.

([1]) Il arrive que, dans l'intervalle du temps séparant les deux poses, le patient change quelquefois légèrement d'attitude par rapport au plan des radiographies. On en est prévenu, dans l'examen stéréoscopique, par l'impossibilité d'amener les deux épreuves à se superposer, et il est alors indiqué de n'en pas faire emploi pour des localisations. Ce moyen de contrôle fait défaut quand on inscrit, comme les radiographes le font d'ordinaire, les deux poses sur une même plaque.

BOTANIQUE. — *Sur la formation du pollen.* Note de M. **Guignard**.

Les grains de pollen naissent toujours, comme on sait, au nombre de quatre dans leur cellule mère, mais leur formation a lieu de deux façons différentes. Tantôt la première division du noyau de la cellule mère est immédiatement suivie d'un cloisonnement donnant deux cellules filles, puis chacune de celles-ci se partage de la même façon : la formation des grains de pollen est successive. Tantôt la première division du noyau n'est pas suivie d'un cloisonnement, et c'est seulement après la seconde bipartition nucléaire qu'apparaissent, en même temps, les cloisons qui divisent la cellule mère en quatre cellules filles : la formation des grains de pollen est simultanée.

Ces deux modes de formation, bipartition successive ou quadripartition simultanée, sont considérés comme caractères distinctifs, le premier des Monocotylédones, le second des Dicotylédones. Cependant, ni l'un ni l'autre n'offrent une constance absolue dans chacune de ces deux classes de végétaux.

Chez les Monocotylédones, en effet, la quadripartition simultanée a été remarquée, à la place de la bipartition successive, d'abord par Strasburger [1] dans les *Asphodelus albus* et *A. luteus.* Tangl [2] crut aussi l'apercevoir dans l'*Hemerocallis fulva;* mais, plus tard, Strasburger [3], puis Juel [4] montrèrent qu'elle n'existe pas dans cette plante, où l'on observe d'ailleurs des anomalies particulières dans la division des noyaux des cellules mères polliniques.

Une exception beaucoup plus importante est celle que j'ai signalée, dès 1883, chez les Orchidées [5], car si l'on en excepte les *Cypripedium,* tous les représentants de cette grande famille qui ont été examinés

---

(1) Strasburger, *Zellbildung und Zelltheilung*, 1880, p. 151.

(2) Tangl, *Die Kern- und Zelltheilung bei der Bildung des Pollens von* Hemerocallis fulva (*Denksschr. d. Math.-naturw. Cl. d. K. A. d. W. zu Wien*, Sep. Abdr., 1882, p. 2).

(3) Strasburger, *Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne*, etc. (*Arch. f. Mikr. Anat.*, 1882, p. 497).

(4) O. Juel, *Die Kerntheilungen in Pollenmutterzellen von* Hemerocallis fulva, etc. (*Cytologische Studien aus dem Bonner Bot. Institut*, 1897, p. 51).

(5) L. Guignard, *Recherches sur le développement de l'anthère et du pollen des Orchidées* (*Ann. des Sc. nat. : Bot.*, 6e série, t. 14, 1883, p. 26).

jusqu'ici forment leur pollen de la même façon que les Dicotylédones, c'est-à-dire par quadripartition simultanée.

Ce sont là, je crois, les seuls cas actuellement connus comme ne rentrant pas dans la règle générale chez les Monocotylédones. Toutefois, on verra plus loin qu'il en existe encore d'autres, sur lesquels la présente Note a précisément pour objet d'attirer l'attention.

Chez les Dicotylédones, on rencontre aussi des exemples où la division simultanée fait défaut et se trouve remplacée par la division successive.

Celle-ci a été observée, en effet, dans le *Ceratophyllum submersum* par Strasburger ([1]), dans le *Rafflesia Patma* par Ernst et Schmidt ([2]), dans quelques *Asclepias* par Strasburger ([3]), Frye ([4]), Gager ([5]), et dans l'*Apocynum androsœmifolium* par Frye et Blodgett ([6]).

On avait cru d'abord que, chez les Asclépiadées, la cellule mère pollinique se transforme directement, sans subir de division, en un grain de pollen unique, et cette exception semblait comparable à celle qui se manifeste dans la différenciation du sac embryonnaire chez certaines plantes (Lis, Tulipe, etc.) où, par suite d'un phénomène d'abréviation du développement, la cellule mère primordiale de cet organe ne se divise pas et devient directement le sac embryonnaire. Mais on a reconnu ensuite que l'exception dont il s'agit n'existe pas.

Les cellules mères du pollen, dans cette famille, sont disposées en une seule assise dans chacun des sacs polliniques de l'anthère et s'allongent fortement dans le sens radial. La première division nucléaire, reconnaissable à son caractère hétérotypique, est suivie aussitôt du cloisonnement transversal de la cellule mère; les deux cellules filles se cloisonnent ensuite dans le même sens, de sorte que les quatre cellules ou grains de pollen se trouvent orientées en une file unique. La cellule mère fournit donc, chez les Asclépiadées comme chez les autres Phanérogames, quatre grains de pollen; mais, par la marche du cloisonnement, elle se comporte comme dans la généralité des Monocotylédones.

A première vue, il semblerait que, dans le cas actuel, le mode de cloisonnement

---

([1]) Strasburger, *Ein Beitrag zur Kenntniss von* Ceratophyllum submersum, etc. (*Jahrb. f. wiss. Botanik*, t. 37, 1902, p. 477).

([2]) A. Ernst und E. Schmidt, *Ueber Blüthe und Frucht von* Rafflesia (*Ann. Jard. bot. Buitenzorg*, 1913).

([3]) Strasburger, *Einige Bemerkungen zu der Pollenbildung bei* Asclepias (*Ber. d. deutsch. Bot. Ges.*, t. 19, 1901).

([4]) Frye (T.-C.), *Development of the pollen in some Asclepiadaceæ* (*Bot. Gaz.*, t. 32, 1901).

([5]) Gager (C.-S.), *The development of the pollinium and sperm-cells in* Asclepias Cornuti (*Ann. of Bot.*, t. 16, 1902).

([6]) Frye (T.-C.) and Blodgett (E.-B.), *A Contribution to the life history of* Apocynum androsæmifolium (*Bot. Gaz.*, t. 40, 1905).

soit sous la dépendance de la forme allongée de la cellule mère. Mais il faut remarquer d'abord que, chez les Asclépiadées, l'orientation en file des quatre grains de pollen n'est pas absolument constante, car ils se disposent parfois en une tétrade fusiforme comprenant deux cellules au centre et une à chaque extrémité.

D'autre part, j'ai montré aussi ([1]) que, dans cette famille, la tribu des Périplocées, qui diffère essentiellement des autres Asclépiadées par son pollen pulvérulent et non cohérent en pollinies, s'en distingue également par la division simultanée, et non successive, de ses cellules mères polliniques, quoique ces dernières aient de même une forme allongée.

Récemment, Samuelsson ([2]) a fait connaître deux exemples de Dicotylédones chez lesquels le mode de développement du pollen ne rentre pas dans la règle commune à cette classe. L'un est fourni par l'*Aristolochia Clematitis*, l'autre par l'*Anona Cherimolia*.

Dans la première espèce, le cloisonnement est successif et s'accomplit comme dans la généralité des Monocotylédones; on remarque, en outre, que la première cloison devient rapidement aussi épaisse que la paroi de la cellule mère.

Dans la seconde espèce, les choses se passent différemment. En effet, pendant la télophase de la première division nucléaire, le cytoplasme commence à présenter, à la périphérie de la cellule, un étranglement équatorial qui progresse assez rapidement; mais, avant que la cloison ne s'achève, la seconde division nucléaire se produit, en s'accompagnant aussi d'un étranglement analogue du cytoplasme. Finalement, les cloisons se complètent entre les quatre grains de pollen.

Ce cas est entièrement comparable à celui que j'avais signalé antérieurement dans les *Magnolia* ([3]). Ici aussi, le protoplasme de la cellule mère commence à s'étrangler à la télophase de la première division nucléaire, et c'est seulement après la seconde que la cloison, apparue d'abord sous la forme d'un anneau équatorial périphérique entre les deux premiers noyaux, se constitue définitivement. La seule différence, tout à fait secondaire, consiste en ce que, dans les *Magnolia*, les quatre grains de pollen s'isolent finalement les uns des autres comme à l'ordinaire, tandis

---

([1]) L. Guignard, *Remarques sur la formation du pollen chez les Asclépiadées* (*Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 19).

([2]) Samuelsson (G.), *Ueber die Pollenentwicklung von* Anona *und* Aristolochia *und ihre systematische Bedeutung* (*Svensk Botanisk Tidskrift*, t. 8, 1914, p. 181).

([3]) L. Guignard, *Sur le mode particulier de formation du pollen chez les* Magnolia (*Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 5). — *Les centres cinétiques chez les végétaux* (*Ann. des Sc. nat. : Bot.*, 8e série, t. 6, 1898, p. 193).

que, dans l'*Anona*, ils restent soudés en tétrade, contrairement d'ailleurs à ce qu'on observe dans la plupart des autres Anonacées.

Au point de vue qui nous occupe, les *Magnolia*, auquels il faut ajouter le *Liriodendron*, étudié plus récemment par Andrews ([1]), sont intermédiaires entre les Monocotylédones et les Dicotylédones. Mais, par l'apparition d'une cloison incomplète aussitôt après la première bipartition nucléaire, ils m'ont paru se rapprocher davantage, en réalité, des premières que des secondes.

Samuelsson partage également cette manière de voir, et l'existence d'un même type de développement du pollen chez les Magnoliacées et les Anonacées d'une part, chez les Aristoloches et les Monocotylédones d'autre part, lui suggère quelques considérations phylogénétiques intéressantes sur les affinités réciproques de ces divers groupes et leur place dans la systématique ([2]).

Considérons maintenant les nouvelles exceptions auxquelles il a été fait allusion précédemment à propos des Monocotylédones. Elles m'ont été fournies par les Liliacées et les Iridées ([3]).

Chez les Liliacées, elles se rencontrent dans les genres *Aloe*, *Haworthia*, *Gasteria* et *Apicra*, d'ailleurs très voisins les uns des autres et constituant, avec le genre *Lomatophyllum*, la tribu des Aloïnées. L'étude du développement du pollen dans les *Aloe cæsia* Salm-Dyck, *A. striata* Haw., *A. echi-*

([1]) Andrews (F.-M.), *Karyokinesis in* Magnolia *and* Liriodendron, *etc.* (*Beih. Bot. Centralb.*, t. 11, 1902).

([2]) En dehors des cas dont il vient d'être question, on ne connaît pas encore, au point de vue du mode de formation du pollen chez les Dicotylédones, d'autres exceptions à la règle du cloisonnement simultané. Aussi Samuelsson a-t-il pu s'étonner que Van Tieghem qui, dans son essai de remaniement de la systématique [*L'œuf des plantes considéré comme base de la classification* (*Ann. des Sc. nat.: Bot.*, 8e sér., t. 14, 1901, p. 286)], attache une valeur de premier ordre au mode de formation du pollen, ait rangé dans la même classe les Monocotylédones et les Nymphéacées, en invoquant un caractère qui n'a été constaté chez ces dernières par personne. On savait, au contraire, par mes observations de 1898, confirmées ensuite par celles de Lubimenko et Maige, que, sous le rapport de la formation du pollen, les Nymphéacées rentrent dans le type ordinaire des Dicotylédones. On ne voit pas davantage sur quoi repose l'assertion d'Engler, d'après laquelle une partie seulement des Nymphéacées rentrerait dans le type des Monocotylédones (*Syllabus der Planzenfamilien*, 7e éd., 1912, p. XVIII). Remarquons enfin que, pour être logique dans l'application de son système, Van Tieghem aurait dû exclure les Orchidées de cette dernière classe.

([3]) Je dois la plupart des matériaux de cette étude à l'obligeance de M. Poirault, directeur de la Villa Thuret, au cap d'Antibes.

nata Willd., *Haworthia* sp., *Gasteria verrucosa* Duval et *Apicra spiralis* Baker, montre que le cloisonnement de la cellule mère pollinique est le même que chez les Dicotylédones. Dans plusieurs autres espèces du même groupe, chez lesquelles il n'a pu être observé faute de matériaux suffisamment jeunes, la disposition tétraédrique régulière, présentée par les quatre grains de pollen avant leur séparation, ressemblait absolument à celle qu'on observe d'ordinaire chez les Dicotylédones, ce qui autorise à croire que la formation simultanée existe aussi chez les espèces en question. Par suite, l'exception à la règle ordinaire chez les Monocotylédones porte vraisemblablement sur l'ensemble de la tribu des Aloïnées.

Chez les Iridées, pareille exception a été observée chez toutes les espèces que j'ai pu examiner dans cette famille.

Quoiqu'il ait étudié en détail tous les stades des deux divisions nucléaires dans la cellule mère pollinique des *Iris pseudo-Acorus* L., *I. squalens* L. et *I. germanica* L., Strasburger (¹) ne paraît pas l'avoir remarquée. Cependant l'observation de ces trois espèces et, en outre, celle des *I. fœtidissima* L., *I. sibirica* L., *I. pallida* Lamk, *I. sambucina* L. m'a permis de constater d'une façon certaine que l'apparition des cloisons entre les quatre noyaux polliniques est toujours simultanée; on n'aperçoit même jamais, comme dans certains cas, l'ébauche d'une cloison transitoire après la première bipartition nucléaire. . . . .

J'ai observé ensuite le même mode de formation dans les Iridées suivantes : *Sisyrinchium striatum* Sm., *S. Bermudiana* L., *Antholyza æthiopica* L., *A. Cunonia* L., *Freesia refracta* Klatt., *Ixia paniculata* Delar., *I. coccinea* Eckl., *I. maculata* L., *Montbretia crocosmiæflora* Hort. Cette dernière plante est, comme on sait, un hybride comprenant d'assez nombreuses variétés horticoles. Toutes celles que j'ai examinées se comportaient de la même façon quant à la formation du pollen. Au stade où les filaments connectifs sont formés entre les quatre noyaux, on remarque assez souvent un léger épaississement sur la face interne de la paroi de la cellule mère, aux endroits mêmes où s'insèreront sur elle les cloisons délimitant les grains de pollen. Dans les *Sisyrinchium*, la disposition tétraédrique presque constante des grains de pollen au moment où ils viennent de prendre naissance permet déjà de soupçonner, avant tout examen des stades antérieurs, que la division simultanée doit exister dans

(¹) STRASBURGER, *Ueber Reductionstheilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildung in Pflanzenreich*, 1900, p. 31 et suiv.

ces plantes. Dans les *Ixia*, la disposition relative des cloisons est beaucoup plus variable ; parfois même, la cellule mère se partage par des cloisons méridiennes simultanées en quatre quartiers de sphère, dont les noyaux se trouvent situés presque sur un même plan.

Dans diverses Iridées cultivées, en particulier les Iris et les Glaïeuls, il arrive très fréquemment que le pollen se développe mal ou avorte à un stade plus ou moins avancé, même chez des espèces qu'on peut considérer comme pures ; parfois aussi les grains de pollen bien conformés s'y rencontrent en assez grand nombre. Dans un *Gladiolus communis* cultivé, j'ai constaté, plusieurs années de suite, que les cellules mères polliniques n'entraient même pas en division pour former le pollen ; par contre, dans plusieurs variétés horticoles dérivées du *Gl. gandavensis*, qui est lui-même un hybride, les grains de pollen étaient souvent assez abondants et, pour la plupart, d'apparence normale.

Il est possible, évidemment, que le mode de formation du pollen, chez les Glaïeuls et les autres représentants de la famille qui n'ont pas encore été étudiés au stade opportun, rentre dans le type ordinaire des Monocotylédones. Cependant, il y a tout lieu de croire que l'exception constatée est générale chez les Iridées : à ce titre, elle n'est pas moins intéressante que celle qu'on connaissait déjà chez les Orchidées.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel présente à l'Académie le deuxième fascicule du Tome 7 du *Bulletin du Comité international permanent pour l'exécution photographique de la Carte du Ciel*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le « Sargassum bacciferum » ; la mer des Sargasses et l'Océanographie, par Camille Sauvageau. (Présenté par le Prince Bonaparte.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la rotation de la Couronne solaire.* Note (¹) de M. **J. Bosler**, présentée par M. H. Deslandres.

Le problème de la rotation de la Couronne solaire a commencé à se poser vers 1865, dès que la nature véritable du phénomène fut établie. Mais les premiers essais sérieux pour mesurer sa vitesse ne remontent qu'à l'éclipse de 1893, où M. Deslandres (²) tenta d'appliquer aux raies noires du spectre coronal la méthode de Doppler-Fizeau qui avait déjà si bien confirmé la rotation photosphérique et qui, en raison des formes vagues de l'objet, paraît encore la seule praticable. Malheureusement les raies étudiées ont été reconnues depuis étrangères au spectre propre de la Couronne et c'est seulement en 1898 que M. W.-W. Campbell (³) effectua la seule mesure de cette importante donnée qui semble avoir été publiée. L'observation portait sur la raie brillante verte λ 5303 : elle a révélé une vitesse tangentielle directe de $3^{km},1$ par seconde à $\pm 2^{km}$ près : l'aspect diffus de la raie s'opposait à plus de précision.

Lors de l'éclipse du 21 août 1914, nous nous sommes proposés, M. H.-G. Bloch et moi, d'obtenir le spectre entier de la Couronne et nous avions disposé les choses de telle façon que si une raie utilisable se présentait, on pût en déduire une indication sur la rotation (⁴). Nous pensions surtout à la célèbre raie verte : elle n'a pas paru. Par contre, on en a observé une autre, rouge celle-là, dont nous avons déjà annoncé la découverte et qui a donné lieu à l'essai qui va suivre.

L'instrument employé a été le spectroscope à trois prismes qu'une subvention du Fonds Bonaparte m'a permis d'acquérir et qui constituait notre principal appareil optique. La figure donne l'aspect du cliché, dont l'échelle est pour la région étudiée : $1^{mm} = 32$ Å. On voit en *c* et *c'* les spectres des

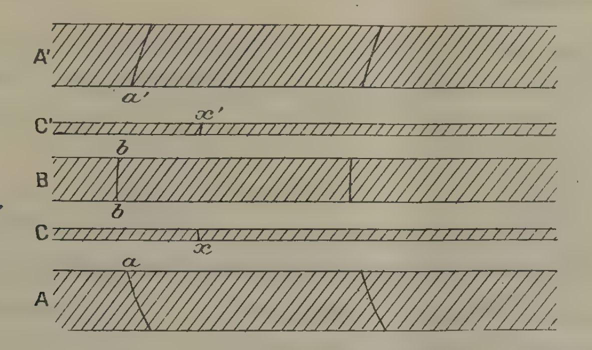
(¹) Séance du 29 mars 1915.

(²) *Comptes rendus*, t. **116**, 1893, p. 1108, et *Observations de l'éclipse totale de* 1893 (Gauthier-Villars, 1896, et t. 7 des *Annales du Bureau des Longitudes*).

(³) *Astrophysical Journal*, t. **10**, 1899, p. 186.

(⁴) J. Bosler et H.-G. Bloch, *Observations de l'éclipse de Soleil du* 21 *août* 1914, *faites à Strömsund* (Suède) *par la Mission de l'Observatoire de Meudon* (*Comptes rendus*, t. **159**, 1914, p. 766). — Cette Note décrit en détail l'instrument, analogue comme dispersion à celui de M. Campbell qui avait l'avantage d'opérer dans le vert. La largeur de la fente était $\frac{1}{20}$ de millimètre.

bords est et ouest de la Couronne avec, en x et x', la raie nouvelle; A, A′ et B sont trois spectres de la lumière diffuse du ciel, obtenus d'un seul coup, à l'aide d'un diaphragme, 10 minutes après la fin de la totalité.



1° *Calcul de la correction due à la courbure des raies.* — Si les deux moitiés du cliché BCA et BC′A′ étaient symétriques, la différence des longueurs d'onde de x et x', déduites de B, donnerait directement la vitesse cherchée. Cette condition n'étant pas exactement réalisée, on a déterminé avec soin la courbure des raies sur la grande machine Brünner, de Meudon. Afin de réduire l'influence de la correction, le fil du réticule était placé, dans les mesures spectrales, parallèle aux cordes *ab*. Un calcul facile (revenant à trouver la flèche en x d'un arc de cercle dont on connaît la corde *ab*) a alors donné comme corrections : 0,20 Å (bord E.) et 0,23 Å (bord O.); la différence 0,03 Å, qui seule affecte la vitesse radiale, est de l'ordre des erreurs d'observation.

2° *Mesure des longueurs d'onde.* — Le spectre solaire, surtout celui de la lumière du ciel (avantageux à d'autres égards), n'est malheureusement pas très riche en bonnes raies dans le rouge. J'ai donc cru préférable de baser l'interpolation, non pas sur trois raies comme on le fait d'habitude avec la formule de Cornu, mais sur six, en faisant passer la courbe à égale distance des raies choisies (¹). Chaque raie des spectres B, A et C était pointée 10 fois (fil parallèle à *ab*); de même pour le côté B′A′C′. De plus, afin d'atténuer les effets du grain de la gélatine et aussi d'accroître la

(¹) Ces raies étaient : λλ 6563,05 (C); 6400,28; 6122,43; 6102,94; 5896,15 (D_1) et 5890,18 (D_2). La deuxième et la quatrième ne sont pas simples à la dispersion de Rowland : on a pris les λ moyennes.

précision, j'ai fait, pour chaque spectre Est et Ouest, cinq séries complètes de mesures entièrement distinctes, à plusieurs jours d'intervalle. Celles-ci, corrigées de la courbure des raies, ont donné par des pointés faits à 1′ environ du bord solaire :

Bord est	6374,36	Bord ouest ...	6374,58
	6374,47		6374,57
	6374,42		6374,61
	6374,45		6374,60
	6374,48		6374,59
Moyennes ..	6374,43		6374,59 (Système de Rowland)

La longueur d'onde de la raie normale est donc de 6374,3 Å, en appliquant aux Tables de Rowland la correction de 0,2 Å signalée par MM. Perot et Fabry [1]. Quant à la différence d'un bord à l'autre, 0,16 Å, elle correspond à une rotation directe de $3^{km},7$, ce qui, la fente étant inclinée de 18° sur l'équateur solaire, donne pour la vitesse équatoriale $3^{km},9$ environ.

Dans chacune des cinq séries de mesures, l'erreur d'une détermination de longueur d'onde a atteint en moyenne, pour les raies connues, ± 0,06 Å; d'autre part la raie nouvelle, relativement très nette, dépend de l'ensemble des six autres et, pour cinq séries indépendantes, les raisonnements ordinaires attribueraient au chiffre final une précision assez forte. On sait combien ces calculs d'erreurs probables sont souvent illusoires : contentons-nous de dire que la vitesse trouvée est vraisemblablement exacte à 25 ou 30 pour 100 près.

Ainsi, bien qu'il y ait lieu d'insister sur les réserves que comporte une mesure en elle-même assez délicate et reposant sur un seul cliché, le résultat obtenu tire de son accord avec celui de Campbell, fondé sur la raie verte, une signification fort claire : la Couronne se meut dans le même sens que la surface du Soleil et *paraît* tourner très notablement plus vite. Les hautes couches de la Chromosphère manifestent une tendance analogue, mais à un bien moindre degré. On constaterait donc un accroissement apparent de la vitesse avec la hauteur; toutefois, il n'est pas sûr que celui-ci soit réel. Certaines expériences de laboratoire ont en effet montré que, dans un gaz ionisé, les centres lumineux [2] peuvent avoir des vitesses très

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. 25, 1902, p. 139.

(2) Ces centres sont, on le sait, extrêmement peu nombreux par rapport à l'ensemble des molécules. — Voir A. Perot, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 132, 310 et 1679.

différentes de celle de la masse gazeuse proprement dite : il est fort possible qu'il en soit de même dans le Soleil.

Remarques sur la Communication précédente et sur les problèmes qui se rattachent à la rotation de la Couronne solaire. Note (¹) de M. H. **Deslandres.**

L'observation de l'éclipse de Soleil de 1914, par MM. Bosler et Bloch, a donné des résultats fort intéressants; elle a révélé une radiation nouvelle intense de la Couronne, située dans le rouge, et a fourni une mesure de sa vitesse de rotation.

La mesure de cette vitesse est importante pour la reconnaissance de la vraie nature de la Couronne; les ions mobiles qui forment très probablement la lumière du gaz coronal ont une charge électrique dont le sens et les mouvements verticaux influent sur la vitesse de rotation; et, inversement, de la grandeur et des variations de cette vitesse, on peut déduire des conséquences intéressantes sur les ions eux-mêmes.

Pour comprendre cette dépendance, il suffit de se reporter aux résultats récemment obtenus à Meudon (de 1911 à 1913) sur les vitesses radiales des protubérances au bord, ou, autrement dit, sur les vitesses de rotation des diverses couches protubérantielles (²). Lorsqu'on s'élève progressivement au-dessus du bord dans une protubérance haute, la vitesse de rotation croît et décroît alternativement; d'abord plus grande, et parfois même beaucoup plus grande, que la vitesse normale des couches chromosphériques inférieures; elle décroît ensuite, et souvent jusqu'à devenir négative, pour augmenter de nouveau. Ces variations impliquent une trajectoire hélicoïdale des jets protubérantiels, et l'existence d'un champ magnétique général analogue au champ terrestre, mais de faible intensité et spécial aux couches supérieures.

Or ce champ magnétique doit aussi agir sur les ions coronaux, qui s'approchent ou s'éloignent du centre solaire, et produire des variations ana-

---

(¹) Séance du 29 mars 1915.

(²) Voir les Notes de Deslandres, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1433 et 1541; t. 153, 1911, p. 10 et 221; t. 155, 1912, p. 1573, et surtout la Note d'octobre 1913, intitulée : *Remarques sur les champs généraux, magnétique et électrique, du Soleil* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 517).

logues de la vitesse de rotation. Il est seulement probable que le pas de l'hélice décrite doit être beaucoup plus grand.

On a donné récemment, comme on sait, deux valeurs très différentes du champ magnétique général du Soleil, à savoir : une valeur très faible, de l'ordre de 10^{-7} gauss, tirée des recherches précédemment citées sur les protubérances hautes, et une valeur beaucoup plus forte, voisine de 50 gauss, d'après Hale, et reconnue par l'effet Zeeman dans les couches les plus basses de l'atmosphère, près de la surface. Les deux valeurs s'appliquent à des couches distinctes et sont conciliables, comme je l'ai montré aussitôt après. De plus, si le champ élevé de Hale s'étendait jusqu'à l'extérieur, les particules électrisées, qui vraisemblablement sont émises par le Soleil, seraient rapidement et fortement courbées et n'arriveraient pas jusqu'à la Terre ou à son voisinage; leur venue serait possible avec le faible champ des protubérances.

La question si importante d'un rayonnement corpusculaire, émis par le Soleil et reçu par la Terre, peut donc être éclaircie par l'étude de la Couronne, et c'est une raison nouvelle de poursuivre la reconnaissance générale de ses mouvements. Malheureusement, la Couronne est observable seulement pendant les éclipses, et les progrès ne peuvent être que fort lents. On ne peut citer jusqu'à présent que trois mesures directes, résumées ci-dessous et de valeur inégale.

Date éclipse.	Auteur.	Radiation photographiée.	Distance au bord solaire en minutes d'arc.	Valeur du déplacement mesuré en $\frac{1}{100}$ de millimètre.	Vitesse correspondante en km, qui est la moitié de la vitesse de rotation.
1893...	Deslandres	raie violette K ou 393	10′	1,52	7,05 km ± 1,2 km
1898...	Campbell	raie verte 530	3	0,82	6,2 ± 4
1914...	Bosler	raie rouge 637	1	0,48	7,4 ± 2,2

Les déplacements mesurés sont fort petits, et la précision de la mesure est nécessairement faible; ils sont d'ailleurs inégaux, ce qui est dû surtout à ce que les raies utilisées ont des positions très différentes dans le spectre. Les spectrographes employés étaient à prismes, et, avec ces appareils, le déplacement des raies, pour une même vitesse radiale de la source, décroît du violet ou rouge. De plus, l'épreuve de 1893, comme il sera expliqué plus loin, est soumise à une objection grave; celle de 1898 offre la raie verte coronale large et diffuse; enfin, avec l'épreuve de 1914, la raie rouge apparaît assez fine, mais la dispersion est faible. Nos connaissances sur le mou-

vement de rotation de la couronne sont donc encore bien restreintes et une conclusion ferme serait prématurée. J'ajouterai quelques remarques sur la première mesure de 1893, que les progrès récents permettent de mieux analyser.

Cette mesure a été faite sur une épreuve qui juxtaposait les spectres des équateurs Est et Ouest de la couronne à 10′ du bord, spectres qui contenaient, outre les raies violettes H et K, et les raies de l'hydrogène, les raies $\lambda 4230,0$, $\lambda 408,6$, $\lambda 398,7$ admises par tous comme coronales. Toutes ces raies étaient assez fines, mais les raies H et K étaient les seules rapprochées au contact et donc capables de fournir immédiatement une mesure précise; et c'est sur elles seulement que la première étude a été faite [1].

On peut objecter, il est vrai, et avec de bonnes raisons à l'appui, que ces raies violettes ne sont pas coronales et sont dues à la diffusion par notre atmosphère des raies H et K, très intenses dans la chromosphère. Cette explication doit contenir seulement une part de la vérité; car, dans certaines éclipses, ces raies violettes étaient invisibles sur le disque de la Lune au bord intérieur, et cependant discernables à une grande hauteur dans la couronne; dans l'éclipse de 1893, elles étaient plus fortes à l'extérieur qu'à l'intérieur.

A mon avis, la couronne doit émettre ces raies violettes, au moins accidentellement, et en particulier aux époques du maximum des taches, lorsque le Soleil entier subit de grandes perturbations; et c'était justement le cas en 1893. Mais, lorsque la lumière coronale est mêlée à la lumière diffuse, la vitesse mesurée est évidemment complexe.

On peut noter en effet que la lumière diffuse seule peut donner un déplacement analogue à celui qui a été observé. Dans la première moitié de la totalité, pour un observateur placé dans la ligne centrale, la partie Est de la chromosphère est seule dégagée; et, comme elle tourne en se rapprochant de la Terre, sa lumière générale et la lumière diffuse issue d'elle ont un déplacement vers le violet; pour la même raison, dans la seconde moitié de la totalité, la lumière diffuse de la chromosphère doit avoir un déplacement global vers le rouge, qui est d'ailleurs difficile à calculer exactement.

Pour la même raison, le spectre de la lumière diffuse adopté par

(1) L'épreuve n'a pas de spectre de comparaison; mais on pourrait, en relevant avec soin toutes les raies, et en comparant les trois raies coronales aux autres, tirer de ces rapprochements des données intéressantes sur la vitesse de rotation de la couronne.

M. Bosler comme spectre de comparaison, 10 minutes après la fin de la totalité, doit avoir subi un petit déplacement, qui se retrouve dans les mesures de longueurs d'onde. Il en résulte une petite erreur dans la valeur de la longueur d'onde normale de la raie rouge; et cette même erreur se retrouve probablement aussi, mais plus faible, dans la détermination similaire de Campbell avec la raie verte coronale. Certes il eût été meilleur de juxtaposer un spectre terrestre qui exige, il est vrai, un dispositif spécial.

Toutes ces remarques montrent bien la difficulté de la recherche à poursuivre. Si l'on veut réaliser un grand progrès, il conviendra d'appliquer à cette étude les grands spectrographes qui relèvent actuellement dans les observatoires et avec une précision notable les vitesses de rotation des diverses couches solaires au-dessous de la couronne. En particulier, le grand spectrohéliographe de Meudon, à trois grands prismes et à chambre de 3^{m}, a déjà fait ses preuves sur ce terrain; il donnerait les vitesses coronales avec une précision quatre fois plus grande que les appareils précédents, et sans exiger une pose beaucoup plus longue ([1]). On peut aussi préconiser l'emploi d'une petite image du Soleil avec la méthode dite *de l'inclinaison*, qui a été si utile avec les planètes.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le coefficient de température des réactions photochimiques*. Note ([2]) de M. **Daniel Berthelot**.

La vitesse des réactions chimiques augmente en général avec la température suivant une loi exponentielle. Au voisinage de la température ordinaire, on a observé, dans des cas variés, qu'une élévation de température de 10° rend la constante de vitesse de double à triple. En d'autres termes, le rapport $\frac{K_{t+10}}{K_t}$ auquel on donne le nom de *coefficient de température* est compris entre 2 et 3.

Sous ce rapport les réactions photochimiques se distinguent des réactions

---

([1]) Ces grands appareils permettraient aussi d'étudier la largeur variable de la raie verte, largeur qui peut tenir simplement à ce que la couronne ne tourne pas comme un corps solide. (Voir *Observations de l'éclipse totale de* 1893, p. 46, Gauthier-Villars, mars 1896.) Avec la raie rouge, l'emploi des grands réseaux actuels est aussi à recommander.

([2]) Séance du 29 mars 1915.

chimiques proprement dites; leur vitesse est relativement peu influencée par la température. Voici quelques observations à ce sujet.

1° *Décomposition du lévulose.* — Nous avons montré que les cétoses telles que la dioxyacétone ou le lévulose se dédoublent sous l'influence de la lumière et donnent l'alcool inférieur avec dégagement de gaz oxyde de carbone. Cette réaction est *monomoléculaire* en solution aqueuse étendue; elle commence dans l'ultraviolet solaire et s'accélère rapidement dans l'ultraviolet moyen. Ces conditions étant précisément celles des plus importantes applications pratiques des rayons ultraviolets, la réaction précédente fournit la base d'un photomètre chimique [1] qui permet dans ces cas de comparer avec plus de précision qu'on n'avait pu le faire l'efficacité de diverses sources lumineuses, les altérations brusques ou lentes des lampes à mercure, etc. Ce photomètre a été employé avec succès par M. de Kowalski [2] dans les expériences où il a montré que le transformateur à résonance de MM. Hemsalech et Tissot fournissait une source économique de rayons ultraviolets pour la stérilisation de l'eau.

Pour déterminer les coefficients de température, quatre tubes de quartz mince, remplis d'une solution aqueuse à 10 pour 100 de lévulose, ont été placés à 30^{mm} d'une petite lampe verticale en quartz à vapeur de mercure. Deux d'entre eux sont exposés librement au rayonnement; leur température a été trouvée égale à 69° et 70°. Deux autres sont coiffés, sur le côté opposé à la lampe, de capuchons de coton refroidis par un mince filet d'eau; leur température était de 40° pour l'un comme pour l'autre. On attend que le régime stationnaire pour le dégagement des gaz et la température soit établi. On mesure alors la quantité d'oxyde de carbone dégagée en une demi-heure. Elle a été trouvée de $0^{cm^3},60$ et $0^{cm^3},62$ (soit en moyenne $0^{cm^3},61$) pour les tubes chauds; et de $0^{cm^3},55$ et $0^{cm^3},55$ pour les tubes refroidis. D'après cela, entre 40° et 70°, le coefficient de température relatif à la décomposition du lévulose est 1,035.

2° *Acide oxalique et perchlorure de fer.* — A la lumière du jour, le sel ferrique est réduit à l'état de sel ferreux, avec dégagement d'anhydride carbonique.

On prépare une solution composée de 20^{cm^3} d'acide oxalique à 5 pour 100;

---

(1) D. Berthelot et H. Gaudechon, *Sur un actinomètre à lévulose pour les rayons ultraviolets* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 707).

(2) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, mai 1914.

de 10^{cm^3} de perchlorure de fer à 24° B., et de 30^{cm^3} d'eau. On en remplit entièrement un long tube en U en verre mince de 12^{mm} de diamètre, dont une branche est fermée à la lampe et dont l'autre branche est fermée par un bouchon de caoutchouc traversé par un tube en verre ouvert dans lequel monte le liquide refoulé par le dégagement gazeux. Ce tube en U est placé dans un thermostat rempli d'eau à 21°; un second tube semblable est mis dans un thermostat rempli d'eau à 61°. Les deux thermostats sont exposés simultanément au soleil pendant un quart d'heure. Après refroidissement à l'obscurité, les gaz sont recueillis et analysés. Le volume (CO^2 pur) était de 3^{cm^3},81 pour le tube froid; de 4^{cm^3},00 pour le tube chaud. D'après cela, dans l'intervalle de 21° à 61°, le coefficient de température de la réaction est 1,01, résultat sensiblement identique à celui trouvé par M. Lemoine ([1]) entre 3° et 35°.

La faiblesse de ces coefficients de température montre qu'il s'agit, dans les deux cas précédents, de réactions photochimiques pures exemptes de réactions secondaires subséquentes.

Il est remarquable que les vitesses de réactions très variées soient accélérées par la température d'une manière sensiblement uniforme; leur coefficient de température étant compris entre 2 et 3. Si l'on adopte la valeur moyenne 2,5, on peut dire qu'une heure à 110° équivaut à un jour à 75° ou à un mois à 40°, et bien que les réactions à l'état solide soient moins régulières qu'à l'état liquide, cette règle se vérifie assez bien pour que M. Vieille ait pu l'appliquer à évaluer l'état de conservation et la vie probable de certaines matières en voie d'altération spontanée, telles que les poudres sans fumée.

Si les réactions photochimiques sont peu sensibles à la température, il existe, en revanche, comme je l'ai indiqué, une grandeur physique qui joue ici le même rôle que la température dans les réactions chimiques ordinaires : la *fréquence vibratoire* représente le potentiel ou facteur d'intensité de l'énergie rayonnante au même titre que la température représente le potentiel ou facteur d'intensité de l'énergie calorifique, et la vitesse des réactions photochimiques croît exponentiellement en fonction de la fréquence de la lumière absorbée ([2]).

On s'explique ainsi que le noircissement d'une plaque photographique

---

([1]) *Annales de Chimie*, 7e série, t. 6, 1895, p. 448.

([2]) D. Berthelot, *Revue générale des Sciences*, 30 avril 1911; *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, décembre 1911.

exige des heures dans le rouge, des minutes dans le jaune, des secondes dans l'ultraviolet; que la combinaison photochimique du chlore et de l'hydrogène, lente dans le rouge, devienne rapide dans le jaune et explosive dans le violet, au même titre que la combinaison chimique de l'oxygène et de l'hydrogène, insensible à la température ordinaire, nécessite pour être complète plusieurs mois à 200°, quelques heures à 500° et devienne explosive vers 850°.

De nombreuses expériences comparées, sur la vitesse des dégagements gazeux des cétoses (dioxyacétone, lévulose, etc.) dans les diverses régions de l'ultraviolet, m'ont montré que, pour ces solutions qui absorbent régulièrement l'ultraviolet, les durées de réaction, à égalité de puissance rayonnante, se comptent par mois dans l'ultraviolet initial, par heures dans le début de l'ultraviolet moyen et par minutes quand on atteint l'ultraviolet extrême.

Ces constatations permettent, quand on complète, pour certains corps altérables, les épreuves par la chaleur au moyen d'épreuves par la lumière [1], de graduer les effets des secondes comme ceux des premières.

BOTANIQUE. — *Sur la résistance à la salure des Bactéries marines*. Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'influence de la salure de l'eau de mer sur les êtres vivants n'a guère été étudiée jusqu'ici que pour les animaux, où, d'ailleurs, elle a donné des résultats fort intéressants. Il n'en a pas été de même pour les Bactéries, complètement négligées à ce point de vue. Dans le but de combler, dans une certaine mesure, cette dernière lacune j'ai institué un grand nombre de cultures qui, on va le voir, m'ont procuré des données satisfaisantes au point de vue biologique.

J'ai pris, comme matériaux d'études, dix espèces différentes de Bactéries isolées de l'eau de mer et conservées en cultures pures. Ces dix espèces ont été prises au hasard parmi beaucoup d'autres et représentent, vraisemblablement, la moyenne des résultats qu'on aurait obtenus en étudiant toutes les espèces marines. Les cultures ont été faites en eau douce peptonée à 1 pour 100 et additionnée de quantités variables de chlorure de sodium.

---

(1) D. Berthelot et H. Gaudechon, *Stabilité des divers types de poudres sans fumée vis-à-vis des rayons ultraviolets* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1220).

Le premier problème à résoudre était celui de savoir quelle dose maxima de sel marin elles pourraient supporter. Le tableau suivant résume les résultats obtenus (le signe + indique que le développement a eu lieu et le signe o qu'il a été nul) :

Espèces.	Chlorure de sodium pour 100.															
	2,5.	3.	5.	7.	8.	8,5.	9.	10.	10,5.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
Bacillus arbusculus	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
» *inodorus*	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
» *glycogenophilus*	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
» *Clavaudi*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	o
» *piger*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o
» *ruber-bruneus*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o
» *pelliculus*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o
» *Charentei*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o
» *filamentosus*	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o
» *rosaceus-niger*	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

De ce tableau il résulte que, sur les dix Bactéries, quatre ont vécu dans l'eau salée jusqu'à 8 pour 100, 1 dans 9 pour 100, 3 dans 10 pour 100, 1 dans 10,5 pour 100, 1 dans 16 pour 100.

Les Bactéries en expérience venaient de l'Atlantique et étaient, par conséquent, adaptées à la proportion de sel dans cet océan, soit environ 2,5 pour 100. On voit que toutes ont supporté une salure à peu près 3 à 5 fois plus considérable que celle de l'eau de mer normale.

Cette sursalure étant connue, il était tout indiqué de faire des expériences semblables sur la *sous-salure*. Je n'ai eu garde d'y manquer et le tableau suivant, relatif aux mêmes espèces, nous renseigne à cet égard :

Espèces.	Chlorure de sodium pour 100.										
	2,5.	2.	1,5.	1.	0,5.	0,4.	0,3.	0,25.	0,2.	0,1.	0.
Bacillus arbusculus	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
» *inodorus*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o
» *glycogenophilus*	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
» *Clavaudi*	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
» *piger*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o
» *ruber-bruneus*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o
» *pelliculus*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o
» *Charentei*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o
» *filamentosus*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o
» *rosaceus-niger*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o

On voit que quatre espèces se sont contentées de 0,3 pour 100 de chlo-

rure de sodium, 5 de 0,25 et 1 de 0,2, soit en moyenne 10 fois moins que la teneur normale. On peut remarquer aussi que cette quantité, si faible soit-elle, leur est cependant indispensable puisqu'elles ne se développent pas en son absence complète.

En résumé, les Bactéries marines, seules peut-être parmi les êtres aquatiques, jouissent d'une tolérance très large pour la teneur de l'eau en chlorure de sodium puisqu'elles peuvent, d'un côté, supporter de 8 à 16 pour 100 de sel marin et, d'autre part, se contenter de 0,3 à 0,2 pour 100 du même sel. On remarque également qu'elles s'adaptent proportionnellement mieux à la sous-salure (10 fois moindre) qu'à la sursalure (3 à 6 fois plus forte); ces adaptations se font, d'ailleurs, d'emblée, dès la première culture, et s'accroîtraient, probablement, par une accoutumance lente et progressive.

BOTANIQUE. — *Sur le développement et la biologie d'une Laminaire* (Saccorhiza bulbosa). Note [1] de M. C. **Sauvageau**, présentée par le Prince Bonaparte.

Aucune espèce de Laminaire n'a été suivie depuis la germination jusqu'à l'état adulte. Les dessins publiés par Thuret, en 1850, à propos du *S. bulbosa*, sont encore notre document le plus précis sur les premiers stades du développement, bien qu'on n'ait pas assez remarqué la lacune qui sépare sa figure 9 des plus jeunes états représentés sur sa figure 10. Les éléments isogames décrits par Drew (1910) chez le *L. digitata* n'appartiennent vraisemblablement point à une Phéosporée. La germination des espèces étudiées par Williams (1900 et 1912), Drew (1910), Killian (1911) débuterait par une sorte de protonéma d'où s'élèveraient les plantes dressées.

J'ai mis à profit la subvention que l'Académie a bien voulu m'attribuer sur le fonds Bonaparte pour suivre l'évolution totale du *S. bulbosa* dans le golfe de Gascogne où il est accessible, lors des fortes marées, sur les rochers exposés; les plus jeunes plantules récoltées ne dépassaient pas 1^{mm}. En outre, la germination des zoospores m'a fourni des milliers de plantules: 1° en cultures cellulaires, 2° dans des cuves de verre et 3° sur les sores mêmes de la plante; les résultats concordent; le développement est direct sans intercalation d'un protonéma.

---

(1) Séance du 22 mars 1915.

Tandis que les paraphyses élaborent et accumulent de la fucosane, les zoospores des sporanges mûrs renferment des gouttelettes huileuses. En octobre, j'ai vu les zoospores presque grisâtres, le point rouge et le chromatophore étant pâles et peu distincts; en février, elles étaient notablement plus colorées par un point rouge très net et un chromatophore jaune brun; elles sont parfois munies de deux points rouges et de deux noyaux, mais cela résulte de la segmentation incomplète du protoplasme et non d'une conjugaison. Leur motilité dure de quelques minutes à 1 heure; certaines germent en tube étroit (figure 9 de Thuret) peu après leur fixation; toutefois, je doute qu'elles fournissent des plantules. Les autres augmentent notablement de diamètre en restant arrondies, multiplient leur chromatophore sans diviser leur noyau, puis, quelques jours ou quelques semaines après leur fixation, émettent un tube (premier stade de la figure 10 de Thuret) dans l'extrémité duquel passe bientôt tout ou presque tout le contenu, qu'une membrane cicatricielle sépare de la partie vidée. Ensuite, la cellule vivante se dresse, s'allonge, s'élargit, se divise transversalement; de très bonne heure, souvent dès qu'elle comprend quatre cellules superposées, la plantule se différencie en un stipe grêle et une lame que des cloisonnements longitudinaux élargissent; la cellule inférieure du stipe se prolonge en un rhizoïde qui traverse la cellule vidée ou la rejette sur le côté. On reconnaît souvent, dès le jeune âge, que la division de la cellule supérieure du stipe accroît celui-ci et la lame; chacune des assises nées ainsi à la base de la lame grandit ensuite et se cloisonne transversalement et longitudinalement. Le stipe prend des cloisons longitudinales simultanées dans ses cellules superposées.

Néanmoins, dans quelques rares cultures à croissance lente et qui semblent souffrir, la germination produit parfois un filament rampant émettant une ou plusieurs branches dressées, dont le sommet devient une petite Laminaire après abandon d'une portion vidée dans laquelle s'avance un rhizoïde, comme dans le cas des germinations normales. Ce sont probablement de semblables formations que des auteurs ont comparées à un protonéma,

La lame lancéolée et monostromatique, dépourvue ou presque dépourvue de poils, devient polystromatique et pilifère d'abord sur une étroite bande médiane basilaire, semblant un début de nervure, qui progresse vers le haut et latéralement, comme Setchell (1891), Griggs (1907, 1909), Yendo (1911) l'ont vu chez d'autres Laminaires; des plantules hautes de quelques centimètres présentent parfois encore des résidus monostromatiques. La lame s'élargit, s'allonge beaucoup plus rapidement que le stipe, et se déchire en lanières de nombre variable qui s'usent par leur sommet. En devenant massif, le stipe se fixe par un épatement circulaire, puis par des haptères successifs naissant de plus en plus haut; dès que l'anneau origine du bulbe devient un bourrelet, la portion du stipe située au-dessus s'aplatit, puis s'allongera beaucoup et longtemps; au contraire, la portion fixatrice s'allongera peu, s'épaissira en cône renversé et semblera jusqu'en automne un pilier soutenant une voûte. Le bourrelet produit 10 à 12 protubérances marginales qui deviendront le premier rang d'haptères; son accroissement périphérique, en lui donnant d'abord la forme d'une ombrelle puis celle d'une cloche, entraîne les haptères vers le sol; tandis que l'accroissement périphérique se continue, un deuxième, troisième, etc. rangs d'haptères fixateurs plus nombreux naissent en arrière des premiers et s'infléchissent ainsi passivement. Vers le moment où le premier rang d'haptères atteint le support, le stipe s'élargit davantage

immédiatement au-dessus de l'ombrelle, en même temps qu'il se tord suivant un demi-tour ou un tour complet d'hélice à pas court. Le bulbe atteint alors 2^{cm} environ. D'abord circulaire, le bulbe devient ovale, son grand axe étant dans le plan du stipe aplati; après avoir atteint 15^{cm} à 30^{cm}, il cesse de grandir; les nombreuses papilles qui s'élèvent alors sur sa face supérieure ne deviennent des haptères fixateurs que si elles rencontrent un point d'appui. Des bulbes, qui étaient voisins dans leur jeunesse, se pénètrent mutuellement à l'état adulte et ont laissé croire qu'un même bulbe correspond à deux ou plusieurs stipes, ce qui n'arrive jamais.

Les individus les plus âgés atteignent toute leur taille en juillet (3^{m} environ, dans le golfe de Gascogne); les autres continuent à grandir, mais tous arrêtent leur croissance vers la fin de l'été et le stipe des plus jeunes reste court. Ne se régénérant plus par sa base, la lame se raccourcit. C'est alors que commence la fructification; toutefois, beaucoup d'individus disparaissent sans fructifier, tout au moins dans leur partie dressée.

Depuis Réaumur (1712), les auteurs font entrer dans la caractérisation du *S. bulbosa* les ailes godronnées marginales du stipe considérées depuis Sowerby (1807) comme le siège principal de la fructification (les sores apparaissent exceptionnellement sur le bulbe et sur la lame) (Reinke, 1903). Cependant, les ailes manquent à la plante du golfe de Gascogne; les sores se répandent sur la lame et moins généralement sur le stipe dont ils respectent les marges; cette curieuse variation augmente les affinités du *S. bulbosa* avec les *Phyllaria*.

A la mi-octobre, quel que soit l'âge des individus, les lanières de la lame sont courtes et largement tronquées; des stipes portant ce qui reste de la lame se détachent et sont rejetés sur le rivage, non par usure naturelle de leur base, mais parce qu'une Patelle, *Helcion pellucidum*, s'y creuse un gîte profond, au-dessus ou au-dessous de la partie tordue, en diminue la résistance et en prépare la chute. Lorsque les papilles du bulbe sont très rapprochées, comme cela est fréquent, elles le protègent contre l'*Helcion* qui manque de place pour se loger. La partie dressée des individus épargnés par l'*Helcion* se détruit progressivement de haut en bas jusqu'au bulbe. Le nombre des bulbes privés de partie dressée va en augmentant et l'on n'en trouve plus d'autres vers la fin de l'automne; eux-mêmes se détruisent peu à peu; sans être rares en mars, ils sont tous plus ou moins déchiquetés; je n'en ai plus trouvé en avril. A la fin de l'hiver, les jeunes plantes coexistent avec les vieux bulbes de la végétation précédente.

Le bulbe peut aussi porter des sores (Gardiner, 1885; Barber, 1889); leur développement commence quand la partie dressée disparaît ou a disparu; ils se répandent sur sa face externe, sur ses papilles ou sur ses haptères fixateurs et parfois aussi, plus tardivement, sur sa face interne; on en trouve jusqu'à disparition de la plante. La reproduction s'exerce donc plus longtemps par le bulbe que par la lame. Les sores du stipe ou de la lame récoltés en octobre et les sores récoltés sur des bulbes en février et en mars m'ont fourni des plantules identiques. Néanmoins, le 16 février 1915, je n'ai observé à Guéthary aucune germination distincte à l'œil nu, bien que le 12 mars 1914 les rochers fussent garnis de jeunes *Saccorhiza* de toute taille, de 1^{mm} à 40^{cm}; le 10 avril suivant, les plus jeunes plantules étaient aussi abondantes qu'un mois plus tôt. Les choses se passent donc, dans la nature, comme si les sores des bulbes suffisaient à reproduire la plante.

Les zoospores du *Phyllaria reniformis*, autre Laminaire annuelle, germent plus rapidement et plus uniformément que celles du *S. bulbosa*. Des plantules monostromatiques, puis polystromatiques, récoltées sur les rochers avoisinant le Laboratoire de Banyuls, correspondent bien à celles du *S. bulbosa* du golfe de Gascogne.

ÉLECTRICITÉ MÉDICALE. — *Recherche et localisation des projectiles magnétiques par l'électro-aimant actionné au moyen du courant alternatif.* Note [1] de M. J. **Bergonié**, présentée par M. d'Arsonval.

Les effets d'un électro-aimant animé par du courant alternatif sont bien connus, depuis les expériences d'Elihu Thomson. Sur les conseils de M. d'Arsonval j'ai recherché, à l'Hôpital temporaire n° 4 (Grand-Lebrun) de Bordeaux, l'action de cet appareil sur les projectiles magnétiques inclus dans les tissus vivants.

Plusieurs instruments, provenant pour la plupart d'inducteurs de fortes bobines mises hors d'usage, ont été essayés. Celui qui a donné les meilleurs effets était constitué par un noyau en tôles isolées de $\frac{2}{10}$ de millimètre d'épaisseur, d'une longueur de $0^{m},75$, d'un diamètre de $0^{m},077$, enroulées d'une couche de fil de $\frac{20}{10}$, formant 252 spires et absorbant 23,5 ampères efficaces sur 240 volts et 50 périodes.

Si l'on déplace, devant l'extrémité de ce noyau en action, et à une distance qui peut aller au delà de 10^{cm}, un gros fragment de muscles (gigot), dans lequel on a introduit un petit éclat d'obus de moins de 5^{g}, on perçoit, lorsque l'éclat passe en face du noyau, un état vibratoire intense, qui se propage dans la chair à partir du corps magnétique et qui va s'éteignant lorsqu'on s'en éloigne. C'est l'expérience type.

Dans la pratique, sur le vivant, voici comment il a été procédé : la partie du corps dans laquelle on recherche un fragment magnétique (éclat d'obus ou balle allemande) est approchée, *sans contact*, du noyau actionné par le courant alternatif. Par un palper superficiel, on s'aperçoit immédiatement si la région voisine du noyau entre en vibration ou non. S'il y a vibration, il y a projectile magnétique inclus. Un projectile à plus de 10^{cm} de profondeur, de moins de 5^{g}, donne nettement, au palper, la sensation vibratoire.

Lorsque la preuve de l'existence du projectile est ainsi faite, même sans l'aide préalable de la radiographie, on arrive facilement à la localisation, au moins approximative. Pour cela on recherche, toujours par le palper de la partie exposée, le point de vibration maxima. C'est le point où le projec-

(1) Séance du 29 mars 1915.

tile est le plus rapproché de la surface, celui sur lequel l'incision doit être tracée pour conduire à l'extraction la plus facile du projectile.

Si l'incision ainsi fixée ne peut convenir au point de vue chirurgical, on peut en tracer une autre au point choisi par le chirurgien, en recherchant le point où la vibration est encore très forte.

Exemples. — I. Lieutenant B., atteint de paralysie; c'est tout à fait par hasard qu'on place son bras devant le noyau de notre électro à courant alternatif. Une très forte vibration est ressentie par le blessé, aussi bien que par ceux qui palpent la région. La localisation est faite : c'est un petit fragment à 1^{cm} environ de profondeur, vis-à-vis telle marque de la peau. La radiographie, faite après, le confirme.

II. Soldat H. Balle allemande décelée par la radiographie, sous l'omoplate. Vibrations très nettes, ressenties quand on rapproche la région du noyau. On peut noter un point de vibration maxima, qui est bien celui où la balle est le plus rapprochée de la peau. Vérifié par la radiographie.

III. Sergent M. Fragment d'obus dans le mollet. Une première tentative d'extraction, après radiographie, n'a pas donné de résultat. Placé devant le noyau magnétique vibrant, on trouve que l'incision a été faite beaucoup trop externe. La localisation est on ne peut plus nette.

IV. Soldat B. Balle allemande dans le genou, décelée par la radiographie. Pas d'extraction projetée. La partie rapprochée du noyau se met à vibrer énergiquement; la localisation au niveau du condyle externe du fémur se fait très facilement par le point de vibration maxima.

V. Commandant G. Fragment d'obus sous l'omoplate droite, décelé par la radiographie. Perception de vibrations très fortes de la région par le blessé et par les médecins présents. Incision faite au point optimum; pendant l'opération, le D[r] Maubrac va à la recherche du projectile, avec l'aide du noyau vibrant, convenablement protégé par des serviettes aseptiques; il est conduit directement sur lui, sans hésitation; l'extraction est simple. On a l'impression qu'elle eût été beaucoup plus difficile, eût peut-être même échoué, sans ce guide.

VI. Soldat marocain S. B. Petit fragment d'obus de $2^{g},7$ dans un bras phlegmoneux; énorme œdème. Le chirurgien, D[r] E. Monod, a décidé d'inciser, mais non de rechercher le fragment, trop profond et trop difficile à extraire par la méthode ordinaire. Après l'acte chirurgical nécessaire, on essaie tout de même le noyau vibrant, pour retrouver et repérer le petit fragment; après plusieurs tentatives, la vibration induite, quoique faible, étant données la grande profondeur et la petite masse du projectile, conduit cependant le doigt du chirurgien sur le métal en vibration. L'extraction est immédiate.

En résumé et pratiquement :

1° *L'inducteur d'une forte bobine hors d'usage, animé par du courant alternatif, ou même du courant continu ayant traversé un interrupteur pour*

rayons X, ou branché sur une phase de courant triphasé, peut servir, par les vibrations provoquées dans les parties voisines, à déceler et localiser un projectile magnétique, inclus dans les tissus vivants;

2° *Le chirurgien peut se renseigner lui-même, par la perception sous le doigt, des vibrations induites et être guidé ainsi, avant et pendant l'acte opératoire, sur le projectile à extraire.*

RADIOGRAPHIE. — *De l'emploi du tube Coolidge dans les applications médico-chirurgicales des rayons X.* Note (1) de MM. **Belot** et **Maxime Ménard**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait que les résultats de la radioscopie, de la radiographie et de la radiothérapie dépendent d'une série de facteurs dont l'un des plus importants est le fonctionnement du tube producteur des rayons X. Nous croyons être les premiers en France à avoir recherché quels sont les avantages que peut donner à la radiologie médico-chirurgicale l'utilisation du tube inventé, en Amérique, par Coolidge. Nous dirons dès maintenant qu'il réalise un très grand perfectionnement sur les tubes actuellement en usage.

Le tube Coolidge est basé sur un principe nouveau et fonctionne par *décharge d'électrons indépendants*.

On sait que les corps incandescents émettent des électrons selon une fonction bien déterminée de la température $\left(\text{loi de Richardson : } i = a\sqrt{T e^{\frac{b}{T}}}\right.$ dans laquelle T est la température absolue, e la base des logarithmes népériens, a une constante indiquant la concentration des électrons sur le corps incandescent, b le travail nécessaire pour produire des électrons à la surface du métal$\Big)$. A l'inverse des tubes actuels, il ne semble pas y avoir d'ions à l'intérieur de ce tube, par suite du vide presque absolu. Pour obtenir cette décharge d'électrons, il suffit de porter à l'incandescence la cathode d'un tube complètement vidé, et l'on voit l'espace qui sépare les électrodes devenir conducteur. La cathode est formée d'un filament métallique chauffé par un courant électrique auxiliaire et le tube est relié à la source de haute tension, suivant le mode ordinaire. Le passage du courant s'effectue ainsi, grâce à une production d'électrons, indépendants du courant principal.

Ce tube, réalisé en France par M. Pilon, est d'un emploi facile dans les diverses applications médico-chirurgicales des rayons X. Il se compose d'une

(1) Séance du 29 mars 1915.

ampoule semblable, dans les grandes lignes, à celles qu'on utilise actuellement. L'anode est faite d'un gros bloc de tungstène pesant environ 100^g et présentant un grand diamètre. Elle est supportée par une tige de molybdène ou d'un métal peu fusible, soutenue de façon à ne pas fléchir par le poids ; cette tige aura aussi pour but de disperser, dans la mesure du possible, la chaleur dégagée. Dans certains dispositifs, on a prévu une soufflerie

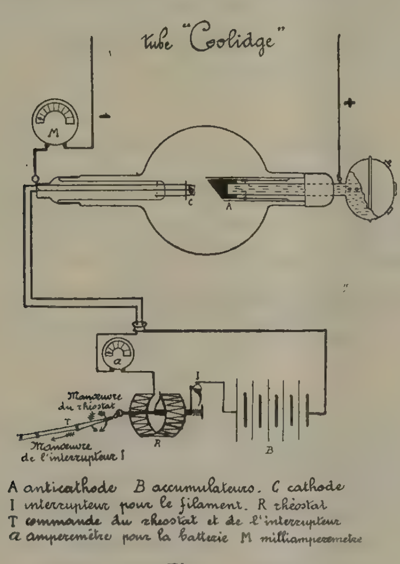


Fig. 1.

pour le refroidissement du système. Le tube est monoanodique : l'anode fait office d'anticathode.

La cathode est une spirale plate ou de forme variable, faite d'un fil de tungstène ; elle est supportée par deux tiges en molybdène. Cette spirale est reliée à une batterie d'accumulateurs B soigneusement isolée, car elle sera portée au potentiel cathodique. Une résistance R, également isolée, permet de faire varier l'intensité du courant qui traversera la spirale du tungstène et par conséquent de modifier à volonté sa température, pour lui permettre de libérer plus ou moins d'électrons.

Entourant la spirale se trouve un cylindre en molybdène relié au pôle négatif de la source de haut potentiel (bobine, contact tournant, etc.). Ce cylindre, dont la forme et les dimensions varient sur les modèles essayés, sert à diriger le faisceau cathodique sur l'anticathode, en un point d'impact plus ou moins étendu.

La spirale fournit des électrons proportionnellement au degré de tempé-

rature auquel la porte le courant de la batterie d'accumulateurs B. Le courant de haute tension qui, venant de l'anode A, passe par le cylindre de molybdène M, sert de vecteur aux électrons dégagés; ils sont donc dirigés sur l'anticathode (faisant fonction d'anode) et donnent naissance, en la rencontrant, aux rayons de Röntgen.

Pour mettre le tube en marche, on ferme le courant de la batterie d'accumulateurs sur la spirale de tungstène; on l'amène au degré d'échauffement nécessaire pour produire la décharge voulue d'électrons. Dès que la

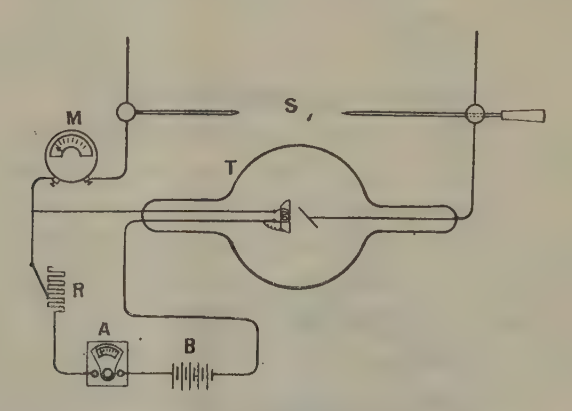


Fig. 2. — Installation schématique du tube Coolidge.
T, tube. — S, spintermètre. — M, milliampèremètre sur la haute tension.
R, résistance du circuit de chauffage. — A, ampèremètre. — B, accumulateurs.

spirale est chaude, on fait passer le courant de haut potentiel en fermant l'interrupteur I.

Le fonctionnement de ce tube a été heureusement modifié par M. Pilon qui est parvenu à obtenir le refroidissement de l'anticathode par les moyens habituellement en usage pour les tubes actuels (*fig.* 2).

Les principales caractéristiques du fonctionnement de ce tube sont les suivantes :

1° Lorsque la spirale n'est pas chauffée, aucun courant ne passe dans le tube, quelle que soit la différence de potentiel appliquée (100000 volts et plus);

2° Le courant ne passe dans le tube que dans une seule direction;

3° Le pouvoir de pénétration des rayons X est seulement déterminé par le voltage aux bornes du tube;

4° Une fois réglé, le fonctionnement du tube est toujours le même;

5° Pendant la marche, on ne constate pas de fluorescence du verre;

6° Le faisceau des rayons X est homogène;

7° Le point d'impact sur la cathode est absolument fixe.

Les résultats obtenus par nous au point de vue de la radiographie, de la radioscopie et de la radiothérapie sont des plus encourageants et nous démontrent la supériorité du tube Coolidge sur les tubes actuels.

Les radiographies du bassin, du genou et du thorax obtenues avec ce tube permettent de se rendre compte des progrès réalisés grâce au tube Coolidge.

En résumé, la régularité du tube dans son fonctionnement, la longue durée de cette régularité (1 heure 20 minutes, 4 milli, 45000 volts), la possibilité de régler la marche du tube sans modifier son état de vide, la fixité du point d'impact sur la cathode, l'homogénéité du faisceau des rayons X sont toujours obtenues avec le tube Coolidge. C'est donc là un très grand progrès apporté dans la construction des tubes à rayons X, progrès encore plus sensible pour le traitement des malades par les rayons X et pour l'étude des effets biochimiques de ces mêmes rayons.

CHIRURGIE. — *Table des coefficients d'agrandissement des images radiographiques utilisable pour la localisation des projectiles dans les tissus.* Note [1] de MM. **Miramond de Laroquette** et **Gaston Lemaire**, présentée par M. A. Laveran.

Cette Table est un complément au procédé de localisation radiographique antérieurement présenté [2] par l'un de nous, et qui est actuellement utilisé dans des centres hospitaliers de l'armée; elle permet de gagner du temps en supprimant au besoin le graphique, ou bien sert de contrôle et fait, avant l'intervention, la preuve mathématique de la localisation.

Elle peut également servir de contrôle pour tous les autres procédés radiographiques ou radioscopiques récemment décrits.

Sa construction et son emploi sont basés sur les considérations suivantes [3] : sous une ampoule à rayons X comme sous un foyer lumineux les objets opaques donnent des images, c'est-à-dire des ombres plus ou moins agrandies et déviées. L'agrandissement de l'image relativement

---

(1) Séance du 15 mars 1915.

(2) Miramond de Laroquette, *Nouveau procédé radiographique de découverte des corps étrangers* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 238).

(3) Miramond de Laroquette, *Agrandissement et déviation des images radiographiques* (*Bull. Soc. franç. de Phys.*, janvier 1914).

à l'objet est la différence de dimensions entre la projection verticale virtuelle de l'objet et l'image réelle projetée sur la plaque. La déviation est l'écart de situation entre l'image et la projection verticale.

Agrandissement et déviation sont des faits de même ordre dus à l'obliquité des rayons. L'agrandissement doit être envisagé pour des diamètres horizontaux et la déviation pour des points déterminés et homologues de l'image et de l'objet. Soit (*fig.* 1) un objet rectiligne horizontal OO′ égal

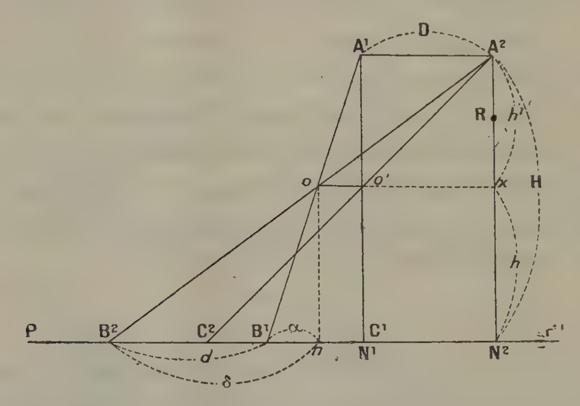


Fig. 1. — A, ampoule; PP′, plaque ou écran; OO′, objet; R, repère.

à 1^{cm} et pris pour unité dans la construction de la Table; OO′ est à une hauteur h au-dessus de la plaque ou de l'écran PP′ sous l'ampoule A.

L'*agrandissement* α de l'image B^1C^1 de l'objet OO′ sous A^1

$$(B^1C^1 = OO' + \alpha)$$

dépend des hauteurs H *de l'ampoule et h de l'objet* $\dfrac{B^1C^1}{OO'} = \dfrac{H}{h}$, ce qui peut s'écrire

$$\frac{OO'+\alpha}{OO'} = \frac{h'+h}{h'}$$

et, si $OO' = 1$, $\alpha = \dfrac{h}{h'}$.

Pour des hauteurs données de l'ampoule et de l'objet, α reste constant quelle que soit la distance de l'objet au rayon normal.

Déplaçons l'ampoule de A^1 à A^2. La normale A^1N^1 vient en A^2N^2 et l'image B^1C^1 en B^2C^2. On a

$$\frac{B^1C^1}{OO'} = \frac{H}{h'}, \qquad \frac{B^2C^2}{OO'} = \frac{H}{h'},$$

d'où

$$B^1C^1 = B^2C^2.$$

La déviation δ est égale au produit du coefficient d'agrandissement α par la distance en centimètres de l'objet à la normale. Soit OO′ sous A^1, le point O′ sur la normale A^1N^1 et le point O à 1^{cm}; C^1 image de O′ est projetée normalement, B^1 image de O est déviée d'une longueur α. L'image B^1C^1 n'est pas déviée mais agrandie; $\delta = \alpha$. L'agrandissement α n'est autre que la déviation δ de B^1 par rapport à O. Déplaçons l'ampoule de A^1 à A^2. B^1 vient en B^2 et C^1 en C^2. La déviation de l'image est apparente, et l'on a $B^2N^2 = OX + \delta = OX(1 + \alpha)$; d'où $\delta = OX.\alpha$.

Ces données permettent les déductions suivantes :

Connaissant la hauteur H de l'ampoule, son déplacement D de A^1 à A^2 et le déplacement inverse d de l'image de B^1 à B^2, on obtient la hauteur h de l'objet soit par un graphique, soit par la formule $h = H \times \frac{d}{D+d}$.

Inversement, on obtient α quand on connaît H, h et D,

$$\alpha = \frac{D \times h}{H - h},$$

et δ, et par conséquent OX, quand on connaît H, h' et la distance B^2N^2 de l'image à la normale,

$$\frac{OX}{B^2N^2} = \frac{h'}{H}, \qquad OX = \frac{B^2N^2 \times h'}{H}.$$

Ces mêmes données sont immédiatement fournies par la Table qui donne en millimètres l'agrandissement α de chaque centimètre de profil horizontal de l'objet pour les hauteurs d'ampoules les plus usuelles.

Pour un objet de dimensions connues et horizontalement placé comme notre repère gradué en centimètres, l'agrandissement de l'image mesuré sur le cliché donne aussitôt la hauteur de l'objet. Inversement, la hauteur de l'objet étant connue, la Table permet de déduire les dimensions de son profil horizontal.

Pour un objet de dimensions non connues, comme habituellement les corps étrangers, la hauteur est obtenue avec la Table par le déplacement horizontal de l'ampoule. Un déplacement D de 10^{cm} donne un écart d des deux images égal au coefficient α multiplié par 10 ; d, mesuré en centimètres sur le cliché, correspond à α exprimé en millimètres sur la Table, et l'on trouve dans la colonne de gauche la hauteur de l'objet.

Cette hauteur h étant connue, la lecture de α sur la Table permet de corriger la déviation δ de l'image. Soit, sous A^2, le repère R sur le trajet de la normale A^2N^2 et l'objet O à une certaine distance OX de cette normale. R se projette normalement en N^2 tandis que B^2, image de O, est déviée

d'une longueur δ ou B^2n qui, pour la découverte chirurgicale, doit être exactement déduite.

Il suffit pour cela de mesurer sur le cliché B^2N^2 et de la diviser par le quotient $(1 + \alpha)$; en effet

$$B^2N^2 = OX + \delta, \qquad \delta = OX.\alpha, \qquad OX = \frac{B^2N^2}{1+\alpha}.$$

La Table permet donc de déterminer presque instantanément la distance de l'objet à la plaque ou à l'écran, ses dimensions horizontales et sa situation relativement au repère placé sur la peau; elle donne aussi des indications utiles sur la distance où il convient de placer l'ampoule dans les différents cas.

Table donnant en millimètres l'agrandissement a de chaque centimètre de profil horizontal de l'objet : $\alpha = \frac{h}{h'}$, $\delta = OX.\alpha$.

Distance de l'objet à la plaque ou à l'écran.	Coefficients d'agrandissement des images pour les distances les plus usuelles de l'ampoule à la plaque ou à l'écran.				Distance de l'objet à la plaque ou à l'écran.	Coefficients d'agrandissement des images pour les distances les plus usuelles de l'ampoule à la plaque ou à l'écran.			
	40cm.	50cm.	60cm.	70cm.		40cm.	50cm.	60cm.	70cm.
cm					cm				
1......	0,25	0,2	0,17	0,14	16......	6,4	4,7	3,6	2,9
2......	0,5	0,4	0,34	0,28	17......	7,3	5,1	3,9	3,2
3......	0,8	0,6	0,5	0,44	18......	8,1	5,6	4,3	3,5
4......	1,1	0,8	0,7	0,6	19......	9	5,9	4,6	3,7
5......	1,4	1,1	0,9	0,7	20......	10	6,6	5	4
6......	1,7	1,3	1,1	0,9	21......	11	7,2	5,3	4,3
7......	2,1	1,6	1,3	1,1	22......	12,2	7,8	5,7	4,6
8......	2,5	1,9	1,5	1,26	23......	13,5	8,5	6,2	4,9
9......	2,9	2,2	1,7	1,4	24......	15	9,2	6,6	5,2
10......	3,3	2,5	1,9	1,6	25......	16,6	10	7,1	5,5
11......	3,8	2,8	2,2	1,8	26......	18,5	10,8	7,6	5,9
12......	4,3	3,1	2,5	2,2	27......	20,7	11,7	8,1	6,3
13......	4,8	3,4	2,75	2,3	28......	23,3	12,6	8,7	6,6
14......	5,4	3,9	3	2,5	29......	26,3	13,8	9,3	7
15......	6	4,3	3,3	2,7	30......	30	15	10	7,5

CHIRURGIE. — *De la chondrectomie dans certaines dilatations irréductibles du cœur droit.* Note [1] de MM. **Pierre Delbet** et **H. Vaquez**, présentée par M. L. Landouzy.

Dans une précédente Communication [2], l'un de nous a cherché à établir que :

---

(1) Séance du 29 mars 1915.

(2) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 402.

1° La symphyse intra-péricardique pure trouble peu le fonctionnement du cœur;

2° Les symptômes, attribués à la symphyse intra-péricardique, dus en réalité à la symphyse extra-péricardique, peuvent exister alors que la séreuse est libre, voire même distendue par un épanchement;

3° Sans adhérences intra ou extra-péricardiques, l'oblitération des culs-de-sac pleuraux antérieurs, la sclérose des languettes pulmonaires peuvent entraîner la dilatation du cœur droit.

C'est sur ce dernier fait et sur sa thérapeutique chirurgicale que nous voulons revenir.

A l'état normal, les poumons servent au cœur de coussinet gazeux et liquide. Chaque fois qu'en se contractant le cœur diminue de volume, l'air et le sang sont attirés dans les parties du poumon qui entourent immédiatement le péricarde et viennent combler l'espace laissé libre par la réduction du cœur.

Dans le mécanisme de ce coussinet aéro-liquide, les languettes antérieures, précardiaques du poumon, jouent un rôle capital. Grâce à elles, le cœur reste indépendant de la paroi thoracique; mais *il en devient solidaire dès que ces languettes perdent de leur souplesse.*

Le vide qui tend à se produire, quand le volume du cœur diminue sous l'influence de la systole, n'est plus aussi facilement comblé. Puisqu'il ne peut exister de vide réel dans la cage thoracique, le cœur devient solidaire de la paroi. Sans qu'il y ait d'adhérences, il est retenu à son contact comme il le serait par une ventouse. Il est obligé, pour se contracter, de triompher d'une résistance nouvelle, anormale, qui devient considérable pendant l'inspiration. Dès lors, plus ou moins, tôt ou tard, suivant la valeur de sa musculature, le cœur se laisse dilater.

Les causes qui peuvent produire cette sorte de symphyse fonctionnelle sont nombreuses. La sclérose des languettes pulmonaires antérieures est, ainsi que l'un de nous l'a montré, presque la règle à partir de 45 ans. Dans certains cas pathologiques, elle est beaucoup plus précoce et plus grave.

Il nous paraît probable que les pleurésies les suppriment. Quand le poumon s'est rétracté sous l'influence d'un épanchement pleural, il y a bien peu de chances pour que son bord antérieur atteigne jamais le fond du cul-de-sac pleural. Celui-ci reste comblé par des adhérences, et il se peut que le cœur devienne alors assez solidaire de la paroi pour que son fonctionnement soit troublé.

Les pleurésies droites sont, sans doute à ce point de vue, plus néfastes que les gauches. La languette pulmonaire antérieure droite est plus épaisse

que la gauche, mais l'oreillette droite peu résistante se laisse facilement dilater.

Le mécanisme de ces dilatations, d'origine extra-cardiaque, permettait d'espérer que la chondrectomie pourrait en atténuer considérablement les troubles fonctionnels. Le cas que nous présentons à l'Académie prouve qu'il en est bien ainsi.

Il s'agissait d'un malade, journalier, âgé de 34 ans, qui avait eu en 1903, en 1911, en 1912 et 1913, des pleurésies doubles, surtout marquées à droite.

En 1914, à la suite d'injections intra-pleurales d'azote, l'épanchement pleural avait disparu, mais le malade présentait tous les signes de l'insuffisance cardiaque droite : cyanose très prononcée, dyspnée permanente, œdème des membres inférieurs, distension des jugulaires, pouls petit, rapide, de type paradoxal, foie débordant les fausses côtes d'un travers de main. Le cœur était très notablement augmenté de volume dans le sens transversal.

C'est dans ces conditions que nous pratiquâmes la chondrectomie le 8 mai 1914. Résection des troisième, quatrième et cinquième cartilages droits avec l'extrémité de la côte correspondante; l'étendue réséquée est, pour chaque côte, de 6 centimètres.

Sans insister sur les résultats immédiats, nous mentionnerons les résultats éloignés de notre intervention.

Dix mois après l'opération, le tableau clinique est complètement transformé. Le malade fait 18 respirations par minute et n'éprouve pas de gêne notable, même après de longues marches. Le diamètre transversal du cœur est notablement réduit. Il n'y a plus trace d'œdème des membres inférieurs. Le pouls bat à 88 et ne présente plus le type paradoxal. Les veines jugulaires sont à peine saillantes. Le foie ne déborde plus les fausses côtes que de deux travers de doigt. Le reflux hépato-jugulaire, très perceptible avant l'opération, ne se retrouve plus qu'à grand'peine. L'examen de la poitrine révèle, aux bases, une submatité persistante, mais le murmure vésiculaire normal s'entend jusqu'à la partie inférieure des poumons.

La transformation du malade est telle qu'il a pu recommencer à travailler.

L'heureux effet de la chondrectomie dans certaines dilatations irréductibles du cœur droit n'est donc pas discutable.

Pareil allégement du cœur, par assouplissement de la paroi thoracique, pourrait-il être utile dans certains cas de dilatation cardiaque accompagnée de lésions valvulaires? Cela nous paraît probable.

La séance est levée à 4 heures.

G. D.